L. XLV. 128.

Physiol.
α
21

[illegible]

F. C. DONDERS

ORD. PROF. DER MEDICIN AN DER UNIVERSITÄT UTRECHT

PHYSIOLOGIE DES MENSCHEN.

DEUTSCHE ORIGINALAUSGABE,

VOM VERFASSER

REVIDIRT UND VERVOLLSTÄNDIGT

UND

AUS DEM HOLLÄNDISCHEN ÜBERSETZT

VON

FR. WILH. THEILE.

ERSTER BAND: DIE ERNÄHRUNG.

(Verfasst unter Mitwirkung von A. F. Bauduin.)

(MIT 123 EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.)

BIBLIOTHECA CIVITATIS BABENBERGENSIS.

LEIPZIG,

VERLAG VON S. HIRZEL.

1856.

VORWORT.

Dem Ersuchen des Herrn Generalinspectors des Niederländischen Medicinalwesens, ich möge gemeinschaftlich mit Dr. *Bauduin,* meinem Nachfolger an der Militairarzneischule in Utrecht, ein Handbuch der Physiologie herausgeben, bin ich, wenn auch nicht ohne Zögern, nachgekommen. Ein Theil des Werkes erschien unter unserem gemeinschaftlichen Namen. Mit Genehmigung indessen, oder vielmehr nach dem ausgesprochenen Wunsche des Dr. *Bauduin,* hatte ich mich aber entschlossen, das Unternehmen weiterhin allein nach Kräften zu Ende zu führen. Da eröffnete mir Professor *Theile,* dass er den erschienenen ersten Band der speciellen Physiologie ins Deutsche zu übersetzen beabsichtige, und obwohl ich es vorgezogen haben würde, eine etwaige Uebersetzung bis dahin zu verschieben, wo das Werk im Holländischen vollendet gewesen wäre, so musste ich doch jenen Gründen Rechnung tragen, welche den geschätzten Uebersetzer nöthigten, die Arbeit schon jetzt anzugreifen, und so bin ich denn auch meinerseits bemüht gewesen, der deutschen

Ausgabe jene Vervollständigung zu verschaffen, welche durch das Fortschreiten der Wissenschaft bereits gefordert wurde.

Der zweite Band der speciellen Physiologie wird gleichzeitig im Deutschen und Holländischen erscheinen können. Damit die Bearbeitung möglichst gleichmässig ausfalle, wird die Allgemeine Physiologie erst später nachfolgen. Der Theil von letzterer, welcher im Holländischen bereits erschienen ist, würde jetzt schon gar sehr einer Umarbeitung bedürfen.

Professor *Theile* habe ich meinen Dank auszusprechen für die Mühe und die Sorgfalt, welche er der Uebersetzung zu Theil werden liess. Bei meiner hohen Achtung vor der deutschen Wissenschaft und vor den vortrefflichen physiologischen Handbüchern, welche sie aufzuweisen hat, ergreift mich fast ein Gefühl von Beschämung oder Verlegenheit, dass unserer Arbeit die Ehre einer Uebertragung ins Deutsche zu Theil wird. Möge die Versicherung, dass die Uebersetzung nicht durch mich veranlasst worden ist, zur Nachsicht stimmen, wenn das Werk nicht würdig befunden werden sollte, einen Platz in der deutschen Litteratur einzunehmen.

Utrecht 25. April 1856.

F. C. Donders.

INHALT.

Seite

§ 1. Begriff der speciellen menschlichen Physiologie 3
§ 2. Eintheilung der physiologischen Processe 4

Erstes Buch.

Ernährungsvorgänge.

§ 3. Eintheilung der Ernährungsprocesse 7

Erster Abschnitt.

Der Kreislauf des Blutes.

§ 4. Allgemeine Uebersicht des Kreislaufs 8
§ 5. Eintheilung des Kreislaufs 10

Erstes Kapitel.

Das Herz und dessen Thätigkeit.

§ 6. Wände und Höhlungen des Herzens; Grösse und Gewicht desselben 11
§ 7. Verhalten der Herzmündungen zu den Herzwandungen und zu den Klappen . 14
§ 8. Histologische Zusammensetzung des Herzens 22
§ 9. Zusammenziehung und Erschlaffung am blosgelegten Herzen . . . 25
§ 10. Formveränderung des Herzens bei der Systole 27
§ 11. Ortsveränderung des Herzens durch die Drehung um seine Quer- und Längsaxe . 28
§ 12. Lagerung des Herzens zu den Lungen beim Ein- und Ausathmen . 29
§ 13. Herzstoss . 31
§ 14. Die Herzklappen . 35
§ 15. Die Blutbewegung im Herzen und die Function der Klappen . . . 37
§ 16. Herztöne . 41
§ 17. Einfluss des Respirationsdruckes auf die Ausdehnung und Zusammenziehung des Herzens 45
§ 18. Dauer der Herzbewegungen und Reizbarkeit des Herzens 48
§ 19. Die Herzcontraction im Verhältniss zum Blutreize, zu den Herznerven und den Herzganglien 51
§ 20. Einfluss des Vagus und Sympathicus auf die Herzthätigkeit 53

Zweites Kapitel.

Die Arterien und die Bewegung des Blutes durch dieselben.

Seite

§ 21. Bau und Eigenschaften der Arterien im Allgemeinen 59
§ 22. Strömungsgeschwindigkeit, Druck und Treibkraft 60
§ 23. Widerstand . 62
§ 24. Verhältniss zwischen Widerstand und Druckhöhe 65
§ 25. Ursprung des Widerstandes 66
§ 26. Einfluss einer ungleichen Weite der Röhre 70
§ 27. Andere ungewöhnliche Widerstände 72
§ 28. Bewegung von Flüssigkeiten durch Haarröhrchen 75
§ 29. Strömung durch elastische Röhren, bei stossweise erfolgendem Einflusse . 76
§ 30. Strömungsbewegung und Wellenbewegung 81
§ 31. Schema des Blutumlaufs nach *E. H. Weber* 87
§ 32. Anwendung der hydraulischen Gesetze beim Blutumlaufe 90
§ 33. Bestimmung des Blutdrucks 92
§ 34. Bestimmung der Höhe und Dauer der Wellen mittelst des Kymographion . 94
§ 35. Der Blutdruck in verschiedenen Arterien und bei verschiedenen Thieren . 97
§ 36. Blutdruck in der *Arteria pulmonalis* 102
§ 37. Geschwindigkeit der Blutbewegung und deren Bestimmung 103
§ 38. Blutmenge, welche bei jeder Systole des Herzens ausgetrieben wird 106
§ 39. Zusammenhang zwischen Blutdruck und Strömungsgeschwindigkeit beim Blutumlaufe . 108
§ 40. Kraft des Herzens; Abhängigkeit der Treibkraft von der Herzwirkung . 110
§ 41. Strömungsgeschwindigkeit bei der Systole und Diastole; Verschwinden der Pulswellen . 114
§ 42. Der Puls der Arterien . 118
§ 43. Der Sphygmograph und dessen Leistungen 120
§ 44. Verschiedenheiten des Pulses 124
§ 45. Pulsfrequenz . 125

Drittes Kapitel.

Die Blutbewegung im Capillarsysteme.

§ 46. Die Capillaren und deren Kreislauf im Allgemeinen 129
§ 47. Blutbewegung und Blutdruck in den Capillaren 130
§ 48. Verschiedene Geschwindigkeit der Bewegung an den Wänden und in der Mitte der Gefässe 133
§ 49. Entwickelung von Stasis 135
§ 50. Einfluss der Nerven auf die Gefässstämme 137

Viertes Kapitel.

Die Venen und die Blutbewegung in denselben.

§ 51. Bau der Venen im Allgemeinen 141
§ 52. Die Blutbewegung in den Venen 143
§ 53. Einfluss der Muskelthätigkeit auf die venöse Blutbewegung . . . 144
§ 54. Einfluss der Lage der Centralorgane im Verhältniss zu den Lungen und zum Mechanismus des Athemholens. Nonnengeräusch 145

Seite
§ 55. Selbstständige Saugkraft des Herzens 151
§ 56. Blutdruck in den Venen . 152
§ 57. Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Venen und deren Verhalten zum Blutdrucke . 154
§ 58. Abänderung der venösen Blutbewegung durch Hindernisse 155
§ 59. Blutbewegung durch das Pfortadersystem 157

Fünftes Kapitel.

Allgemeine Erscheinungen beim Blutumlaufe.

§ 60. Blutmenge . 159
§ 61. Umlaufszeit des Blutes 162
§ 62. Einfluss der Blutentziehung auf den Blutumlauf 165
§ 63. Beziehung des Blutumlaufs zu andern Verrichtungen 168

Zweiter Abschnitt.

Die Bildung des Blutes.

A. Die Verdauung.

§ 64. Begriff und Eintheilung der Verdauung 171

Erstes Kapitel.

Verdauung durch die Flüssigkeiten der Mundhöhle.

§ 65. Schleimhaut der Mundhöhle und Epithelium 173
§ 66. Die Balgdrüsen . 175
§ 67. Traubenförmige Drüschen und Speicheldrüsen 177
§ 68. Morphologische Bestandtheile der Secreta dieser Drüsen 180
§ 69. Chemische Zusammensetzung der verschiedenen Speichelarten . . 182
§ 70. Speichelsecretion . 186
§ 71. Wirkung des Speichels . 190
§ 72. Schlundkopf und Speiseröhre 194

Zweites Kapitel.

Verdauung durch die Magenflüssigkeiten.

§ 73. Die Wände des Verdauungsrohrs im Allgemeinen 196
§ 74. Bauchfell . 197
§ 75. Muskelhaut des Magens und der Gedärme 198
§ 76. Magenschleimhaut . 200
§ 77. Absonderung des Magenschleims und des Magensaftes 205
§ 78. Chemische Zusammensetzung des Magensaftes 208
§ 79. Speisebrei oder Chymus . 215
§ 80. Wirkung des Magensaftes 216
§ 81. Eigenschaften der Peptone 220
§ 82. Theorie der Verdauung . 221
§ 83. Einfluss des Nervensystems auf die Magenverdauung 223

Drittes Kapitel.

Verdauung durch die Säfte im Dünndarme.

§ 84. Begriff und Eintheilung 226
§ 85. Die Darmschleimhaut im Allgemeinen 227
§ 86. Lieberkühnsche und Brunnersche Drüsen 228

Seite
§ 87. Darmsaft 230
§ 88. Wirkung des Darmsaftes 231
§ 89. Bau der Leber im Allgemeinen 233
§ 90. Leberzellen 235
§ 91. Gefässe und Nerven der Leber 239
§ 92. Galle 242
§ 93. Gallensecretion 244
§ 94. Nutzen der Galle 249
§ 95. Bauchspeicheldrüse 252
§ 96. Pankreatischer Saft 253
§ 97. Secretion des pankreatischen Saftes 255
§ 98. Nutzen des pankreatischen Saftes 257

Viertes Kapitel.

Verdauung im Dickdarme.

§ 99. Schleimhaut und Schleim des Dickdarmes 261
§ 100. Verdauung im Dickdarme 262
§ 101. Koth 263
§ 102. Gase des Verdauungskanales 266

Fünftes Kapitel.

Verdauung der wichtigern Nahrungsmittel.

§ 103. Darminhalt an verschiedenen Punkten 268
§ 104. Verdauung der eiweisshaltigen und leimgebenden Substanzen . . 270
§ 105. Verdauung der Kohlenstoffhydrate 271
§ 106. Verdauung der Fette 274
§ 107. Verdauung der Salze 275
§ 108. Verdaulichkeit der Nahrungsmittel 276

Sechstes Kapitel.

Mechanismus der Verdauung.

§ 109. Eintheilung 278
§ 110. Aufnahme und Zertheilung der Speisen im Allgemeinen 278
§ 111. Zungenmuskeln 279
§ 112. Bewegung der Zunge 281
§ 113. Kauen und Mechanismus des Unterkiefergelenks 282
§ 114. Schlucken 285
§ 115. Bewegungen des Magens 291
§ 116. Bewegungen der dünnen Gedärme 295
§ 117. Bewegungen der dicken Gedärme und Stuhlentleerung 298

B. Aufsaugung im Darmkanale, Bildung und Bewegung des Chylus und der Lymphe.

§ 118. Aufsaugungsstätte 300
§ 119. Aufsaugende Capillaren und Zotten 304
§ 120. Veränderungen in den Zotten während der Aufsaugung 308
§ 121. Chylusgefässe und Chylusdrüsen 316
§ 122. Bau der Chylusgefässe und Chylusdrüsen 317
§ 123. Der Chylus und dessen Entwickelung 324

Seite
§ 124. Chemische Zusammensetzung des Chylus 328
§ 125. Aufsaugung durch Blut- und Lymphgefässe 331
§ 126. Bewegung des Chylus . 335

Dritter Abschnitt.

Die Absonderungen.

§ 127. Eintheilung . 340

A. Respiration.

§ 128. Begriff und Eintheilung bei den verschiedenen Thieren 341

Erstes Kapitel.

Bau und Gewebe der Respirationsorgane.

§ 129. Eintheilung der Luftwege 342
§ 130. Die Luftröhre und deren Verästelungen 342
§ 131. Die Lungen . 348

Zweites Kapitel.

Chemismus der Respiration.

§ 132. Einleitung . 354
§ 133. Physikalische und chemische Veränderungen der Luft beim Athmen 355
§ 134. Untersuchung der ausgeathmeten Luft 358
§ 135. Arterielles und venöses Blut; Theorie der Respiration 363
§ 136. Bau der Lungen in Beziehung zum Gaswechsel 368
§ 137. Einfluss verschiedener Gasarten 370

Drittes Kapitel.

Mechanismus der Respiration.

§ 138. Luftvolumina im Verhältniss zum Mechanismus der Respiration . 375
§ 139. Formveränderung des Thorax beim Athmen 381
§ 140. Muskelwirkung beim Athmen 389
§ 141. Bewegung der Lungen in der Brusthöhle 393
§ 142. Spirometer . 394
§ 143. Druckverhältnisse beim Athmen 399
§ 144. Abweichungen im Mechanismus des Athmens 404

B. Hautabsonderung.

§ 145. Uebersicht und Eintheilung 406

Erstes Kapitel.

Anatomische Zusammensetzung der Haut.

§ 146. Uebersicht der anatomischen Zusammensetzung 407
§ 147. Oberhaut . 408
§ 148. Lederhaut und Unterhautbindegewebe 412

Zweites Kapitel.

Absonderung der Hautschmiere und des Schweisses.

§ 149. Absonderungsapparate der Haut im Allgemeinen 416
§ 150. Talgdrüsen . 416

Seite
§ 151. Absonderung der Talgdrüsen; Hautschmiere 420
§ 152. Schweissdrüsen . 422
§ 153. Schweiss . 425
§ 154. Schweissabsonderung . 427

Drittes Kapitel.

Unsichtbare Hautausdünstung.

§ 155. Art und Menge der unsichtbaren Hautausdünstung 430
§ 156. Wasserverlust durch die Haut 433
§ 157. Gasentwickelung durch die Haut 435
§ 158. Aufsaugung durch die Haut 437
§ 159. Bedeutung der Hautabsonderungen 440

C. Secretion und Excretion des Harns.

§ 160. Allgemeine Uebersicht 443

Erstes Kapitel.

Absonderung des Harns.

§ 161. Bau der Nieren im Allgemeinen 444
§ 162. Harnkanälchen und Malpighische Körperchen 445
§ 163. Gefässe der Nieren . 451
§ 164. Blutumlauf in den Nieren 454
§ 165. Physikalische Eigenschaften des Harns 456
§ 166. Chemische Zusammensetzung des Harns 459
§ 167. Menge des abgeschiedenen Harns 465
§ 168. Absonderung des Harns 467
§ 169. Einfluss des Nervensystems auf die Harnabsonderung 471
§ 170. Uebergang von Substanzen in den Harn 473

Zweites Kapitel.

Ausscheidung des Harns.

§ 171. Uebersicht des Mechanismus 477
§ 172. Harnleiter und Harnblase 477
§ 173. Lauf des Harnes bis zur Harnblase 479
§ 174. Entleerung des Harns nach aussen 482

Specielle Physiologie.

§ 1. Begriff der speciellen menschlichen Physiologie.

Die Physiologie des Menschen zerfällt in die allgemeine und die specielle. Die allgemeine erforscht die wesentlichen Erscheinungen, welche mit bestimmten Modificationen des Stoffs und mit bestimmten Formen zusammenfallen; sie untersucht die Grunderscheinungen im Zusammenhange mit dem Wechsel und dem Verbrauche der Materie, im Zusammenhange mit der Gestaltung, der Entwickelung und der chemischen Zusammensetzung der Grundformen und Gewebe.

Die specielle Physiologie dagegen geht von den besondern Wirkungen aus und vereiniget dieselben mit den entsprechenden Apparaten zu bestimmten Functionen; dahin gehören z. B. die Respiration, die Verdauung, der Kreislauf. Bei dieser Vereinigung wird der teleologische Standpunkt festgehalten. Jeder Hauptverrichtung nämlich wird eine Reihe meistens ungleichartiger Erscheinungen untergeordnet, die nur in so fern mit einander in Verbindung stehen, als sie zur Verwirklichung des nämlichen unterstellten Zieles beitragen. Die Werkzeuge, welche bei jeder dieser Hauptverrichtungen in Thätigkeit kommen, vereinigt man in der systematischen Anatomie zu einem und dem nämlichen Apparate. Die anatomische Eintheilung in Apparate hat demnach eine physiologische Basis.

Die specielle Physiologie schliesst sich der systematischen beschreibenden Anatomie an, die allgemeine Physiologie der anatomischen Untersuchung der Gewebe. Wenn die erstere jene Erscheinungen, welche zu einer einzelnen Verrichtung gehören, im Zusammenhange mit der anatomischen Beschaffenheit der besondern Körpertheile betrachtet, so kann sie einen doppelten Weg einschlagen: sie geht von der Erscheinung aus und sucht in der physikalischen Beschaffenheit der Theile den Grund ihres Auftretens nachzuweisen; oder sie untersucht vorerst die Organe selbst und bestimmt, welche Erscheinungen sich

aus einer bestimmten, etwa anatomischen Beschaffenheit ableiten lassen. In beiderlei Fällen sucht sie den Zusammenhang zwischen der physiologischen Erscheinung und der physikalischen Beschaffenheit des Theils ins Klare zu bringen.

Wenngleich die Physiologie teleologisch verfährt, insofern sie die Verrichtungen zur Basis ihrer Eintheilung wählt, so hält sie doch die Erforschung der Endursachen fern von sich: sie ist sich bewusst, dass sie nur den Zusammenhang zwischen der Erscheinung und dem Organe sowie zwischen den Erscheinungen unter einander erforschen kann, und sie stellt sich auch zunächst kein anderes Ziel. Indem sie aber aus den Erscheinungen auch die Gesetze ableitet, nach denen der thierische Organismus mit allen seinen Werkzeugen sich entwickelt, und die Bedingungen erforscht, unter denen er bestimmte Veränderungen erleidet, eröffnet sie zugleich die Aussicht, in die Entstehung der verschiedenen organischen Wesen tiefer einzudringen.

Um den wechselseitigen Zusammenhang der physiologischen Erscheinungen anschaulicher zu machen, werden sie in einer gewissen Anzahl von Verrichtungen zusammengestellt, wobei man den teleologischen Gesichtspunkt festhält. Diese Methode stimmt vollkommen mit unserer gewöhnlichen und natürlichen Untersuchung zusammengesetzter Maschinen, deren verschiedene Theile wir nach Maasgabe des Zweckes unterscheiden, welchen sie in der zusammengesetzten Maschine erfüllen. Hier ist diese Methode vollkommen gerechtfertigt, da der Grund des Vorhandenseyns der einzelnen Theile mit dem Zwecke zusammenfällt, welchen sich der Künstler dabei gestellt hatte. Die Namen Organ, Organismus, Function u. s. w., welche insgesammt auf den teleologischen Ursprung hinweisen, passen demnach hier vollkommen.

Die Uebereinstimmung entwickelter Organismen mit künstlichen Werkzeugen aus des Menschen Hand ist unverkennbar: jene wie diese bestehen aus mehreren ungleichartigen Theilen, die in einer untrennbaren Wirksamkeit mit einander stehen, und nur durch ein Paar weniger wesentliche Merkmale unterscheiden sie sich von einander. Den wechselseitigen Zusammenhang der Theile und der Erscheinungen bei den Organismen wollen wir daher in gleicher Weise anschaulich gemacht haben, wie bei unsern Kunstproducten, und wir übertragen die Terminologie von diesen auf jene.

Diesem Verlangen darf auch ohne Nachtheil entsprochen werden, wenn wir nur nicht aus der Acht lassen, dass der Grund der Existenz beider ein verschiedener ist. Organismen sind nach feststehenden Gesetzen zu Stande gekommen, Kunstwerke dagegen nach einem vom menschlichen Verstande entworfenen Plane. Nur bei den letztern können wir ferner fragen, warum und wie sind die verschiedenen zusammensetzenden Theile verfertigt; bei den Organismen dagegen muss unserem Geiste die Erkenntniss ihrer Entwickelung und des Grundes ihres Entstehens vorschweben.

§ 2. Eintheilung der physiologischen Processe.

Die Verrichtungen, welche den Gegenstand der speciellen Physiologie bilden, lassen sich unter drei Abtheilungen bringen, jenachdem sie der Ernährung, der Beziehung zur Aussenwelt und dem geschlechtlichen Leben dienen.

Ernährungsvorgänge (*Functiones organicae s. vegetativae*) werden jene genannt, welche zur Unterhaltung des Wechsels und des Verbrauchs der Materie im thierischen Organismus unmittelbar beitragen. In der allgemeinen Physiologie wird der Stoffwechsel in seiner Gesammtheit besprochen, und zwar unter Berücksichtigung der chemischen Constitution und der chemischen Veränderungen

der Materie, ohne jedoch der Wirkung der verschiedenen Organe, unter deren Einfluss der Stoffwechsel erfolgt, näher nachzugehen. Die specielle Physiologie erläutert die Wirkung der verschiedenen Organe. Zu den Ernährungsvorgängen gehören der Blutumlauf, die Verdauung, die Aufsaugung im Darmkanale, die Respiration, die Ausscheidung durch Haut und Nieren.

Animalische oder Beziehungsverrichtungen (*Functiones animales*) werden jene genannt, welche uns mit der Aussenwelt in Beziehung setzen, sey es durch active Bewegung, sey es dadurch, dass Eindrücke aufgenommen und zum Bewusstseyn gebracht werden. Alle diese Verrichtungen stehen in unmittelbarer Beziehung zum Nervensysteme. In der allgemeinen Physiologie wird diese Beziehung zur Nerventhätigkeit dort, wo das Nervensystem besprochen wird, im Allgemeinen erläutert. In der speciellen Physiologie werden die besonderen Verrichtungen besprochen, welche den einzelnen das Nervensystem zusammensetzenden Abschnitten zukommen. Ebenso gehört die Contractilität der Gewebe nebst den verschiedenen Bewegungsformen in die allgemeine Physiologie, während die einzelnen Bewegungen, wie sie z. B. von den verschiedenen Muskelgruppen ausgeführt werden, als Beziehungsverrichtungen der speciellen Physiologie zufallen.

Die Geschlechtsverrichtungen zusammen bilden eine dritte Klasse. Die Ernährungsvorgänge und die Beziehungsverrichtungen werden in den beiden ersten Abschnitten nur in soweit betrachtet, als sie auf das Bestehen des Individuums Bezug haben. Unter den Geschlechtsverrichtungen kommen alle Vorgänge zur Sprache, welche zur Fortpflanzung der Art in einer unmittelbaren Beziehung stehen. Diese Vorgänge sind verschiedenartig bei den beiden Geschlechtern: der Mann producirt den Samen; das Weib erzeugt die Eier, welche durch den männlichen Samen befruchtet werden. Das Weib steht ausserdem in einer mehr andauernden, materiellen Beziehung zur Frucht: die Bildung, Entwickelung und Geburt der Frucht, desgleichen auch die erste extrauterine Ernährung gehen von der Mutter aus und werden den geschlechtlichen oder Fortpflanzungsverrichtungen zugezählt.

Die Vorgänge und Thätigkeiten im thierischen Organismus hängen allseitig unter einander zusammen und sind gegenseitig von einander abhängig; aus diesem Grunde muss jede Eintheilung unvollkommen seyn, was offenbar auch von der voranstehenden gilt. Die Geschlechtsverrichtungen sind zum Theil Ernährungsvorgänge, zum Theil animalische Processe, und das Eintheilungsprincip geht verloren, indem sie als dritte Klasse den Ernährungs- und Beziehungsverrichtungen an die Seite gestellt werden. Eine ebenfalls angenom-

mene Eintheilung der physiologischen Vorgänge in solche, welche auf die Erhaltung des Individuums abzielen und in solche, welche die Fortpflanzung der Art bezwecken, stösst auf besondere Schwierigkeiten.

Das Ungenügende unserer Eintheilung stellt sich noch deutlicher heraus, wenn wir berücksichtigen, dass einerseits die Ernährungsvorgänge unter dem Einflusse des Nervensystems stehen, indem Gefühl und Bewegung, zum Theil selbst willkürliche Bewegung zu den Bedingungen ihres Bestehens gehören, dass aber auch andererseits die Beziehungsfunctionen an die Ernährung und den Stoffwechsel des Nerven- und Muskelsystems gebunden sind und jede Ernährungsstörung hemmend auf dieselben einwirkt. Deshalb lassen sich die beiden ersten Klassen nicht scharf von einander trennen. In der allgemeinen Physiologie werden der Stoffwechsel und die Nerventhätigkeit im Allgemeinen abgehandelt: in der speciellen Physiologie wird für jede organische Verrichtung zugleich auch der Nerveneinfluss im Besondern mit betrachtet werden.

Erstes Buch.

Ernährungsvorgänge.

§ 3. Eintheilung der Ernährungsprocesse.

Bei der Lehre vom Stoffwechsel in der allgemeinen Physiologie wird das Blut als Centrum dieses Wechsels betrachtet werden: es kommt dort die Blutbildung aus den aufgenommenen Stoffen zur Untersuchung, ferner dann die Bildung der Gewebe und der Absonderungen aus den Blutbestandtheilen, und zuletzt werden auch die aus dem Körper ausgeschiedenen Substanzen mit dem Stoffwechsel in den Geweben und im Blute in Beziehung gebracht werden.

In der speciellen Physiologie ist die nämliche Reihenfolge in Betreff der Ernährungsvorgänge einzuhalten. Das Blut kann nur dann Centrum des Stoffwechsels seyn, wenn es in Bewegung ist: deshalb wird zuvörderst der Blutkreislauf betrachtet. — Bei der Blutbildung erleiden die von aussen aufgenommenen Stoffe physikalische und chemische Veränderungen unter dem Einflusse einer Menge von Apparaten, welche zum Verdauungsapparate gehörig sind. Wir werden deshalb die Lehre von der Verdauung nachfolgen lassen, an welche die Absorbtion im Darmkanale, die Bildung und Bewegung des Chylus und der Lymphe sich anreihen. — Die Ernährung der Gewebe und die Absonderung gehören in die allgemeine Physiologie. Die Entfernung der Residuen des Stoffwechsels aber erfolgt unter Mitwirkung bestimmter Organe, und die Beziehung zu diesen Organen muss in der speciellen Physiologie erörtert werden, in der Lehre von den Ausscheidungen.

Die nach einander zu betrachtenden Gegenstände sind demnach:

1. Kreislauf des Blutes.
2. Blutbildung, und zwar
 a. Verdauung,
 b. Aufsaugung im Darmkanale, Bildung und Bewegung des Chylus, so wie auch der Lymphe.
3. Ausscheidungen, und zwar
 a. durch die Respiration der Lungen, wobei zugleich eine Aufnahme von Sauerstoff stattfindet,
 b. durch die Haut,
 c. durch die Nieren.

Die Ernährung der Gewebe aus dem Blute, die ohne Beihülfe besonderer Organe vor sich geht, gehört ganz in die allgemeine Physiologie, wo sowohl das Chemische als das Morphologische abgehandelt werden wird. Das Nämliche gilt von der Absonderung im Allgemeinen, worüber bei den Drüsen gesprochen werden soll. Deshalb wird die Ernährung im Ganzen hier nicht weiter besprochen: die einzelnen Absonderungen werden aber bei jedem Vorgange, womit der abgeschiedene Stoff in Beziehung steht, zur Untersuchung kommen.

Erster Abschnitt.

Der Kreislauf des Blutes.

Guil. Harvey, *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Francof.* 1628. — *Harvey*, der Entdecker des Kreislaufs, geb. zu Folkstone in Kentshire am 1. April 1578, gest. am 3. Juni 1658; studirte 1598 bis 1602 in Padua unter *Fabricius ab Aquapendente*, welcher die Venenklappen kannte; trat 1619 zuerst öffentlich mit seiner neuen Lehre auf, also 9 Jahre vor Veröffentlichung seines Buchs. Der Ausgabe dieses Buchs, welche 1637 zu Leyden erschien, sind *Exercitationes duae anatomicae de circulatione sanguinis* angehängt; dieselben sind gegen *Riolan* gerichtet, den einzigen unter den Widersachern der neuen Lehre, welchen *Harvey* einer Antwort werth erachtete. — Das ältere Historische giebt sehr gut: *G. J. Loncq*, *de physiologia veterum. Lugd. Bat.* 1834. Neuere allgemeine Werke von Bedeutung sind:

Joh. Heinr. Oesterreicher, Versuch einer Darstellung der Lehre vom Kreislaufe des Blutes. Nürnb. 1826.

G. Heinr. Ludw. Carl Wedemeyer, Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes u. s. w. Hannover 1828.

Allen Thompson, Art. Circulation in *Todd's Cyclopaedia of Anatomy and Physiology.* 1836. *Vol.* 1. p. 638.

Alf. Wilh. Volkmann, die Hämodynamik nach Versuchen. Leipzig 1850.

§ 4. Allgemeine Uebersicht des Kreislaufs.

Zu den Kreislaufsorganen gehören das Herz, die Pulsadern, die Haargefässe und die Venen. Das Herz besitzt muskulöse Wandungen und umschliesst mehrere Höhlen, welche durch eine Scheidewand in eine rechte und eine linke Hälfte geschieden werden. Die Gefässe (Pulsadern, Haargefässe und Venen) sind verzweigte Röhren mit elastischen, zum Theil auch contractilen Wänden.

Die Höhlen des Herzens sowohl als dieser Röhren sind immer vollständig mit Blute gefüllt: es giebt weder einen leeren Raum, noch einen mit anderer Materie erfüllten Raum darin. Der Tonus und die Elasticität der Gefässe, bei den Venen auch noch eine grössere Zusammendrückbarkeit, sind die Ursache, dass ihr Lumen sich der enthaltenen Blutmenge accommodirt.

Das Blut befindet sich in diesen Hohlräumen in anhaltender Bewegung, und diese Bewegung bezeichnet man als Blutumlauf oder Kreislauf. Das Blut hat man als Centrum des Stoffwechsels zu betrachten, das Herz als Centrum des Kreislaufs; denn das Blut geht von dem Herzen aus und kehrt zum Herzen zurück. Jene Gefässe, in denen das Blut in centrifugaler Richtung aus dem Herzen nach den Körpertheilen strömt, sind die Pulsadern oder Schlagadern; durch die Venen kehrt es in centripetaler Richtung nach dem Herzen zurück. Die feinsten Verästelungen der Pulsadern bilden ein Netz mikroskopischer Röhrchen, die den Namen der Haargefässe führen, und aus der Vereinigung dieser Röhrchen gehen die Venen hervor.

Die Kraft, womit das Blut in den Gefässen strömt, beruht auf der activen Zusammenziehung des Herzens; es pflanzt sich diese Kraft durch die Pulsadern und Haargefässe in die Venen fort. Das Herz wirkt somit gleich einer Druckpumpe auf das Blut und treibt dasselbe in die Schlagadern. Durch die Druckverhältnisse in der Brusthöhle und auf der Aussenfläche des Herzens wird ausserdem noch eine bestimmte Saugkraft zu Stande gebracht, welche die Rückführung des venösen Blutes nach dem Herzen befördert.

Man unterscheidet den grossen und den kleinen Kreislauf. Beim grossen Kreislaufe geht das Blut vom linken Herzen aus (Fig. 1. *h*) und kehrt zum rechten Herzen (*a*) zurück, nachdem es die Bahn durch alle Körpertheile (*h i k l* und *h m n o*) zurückgelegt hat. Beim kleinen Kreislaufe geht das Blut vom rechten Herzen (*e*) aus, verbreitet sich nur in den Lungen (*f*) und kehrt zum linken Herzen (*d*) zurück. — Nur der grosse und kleine Kreis-

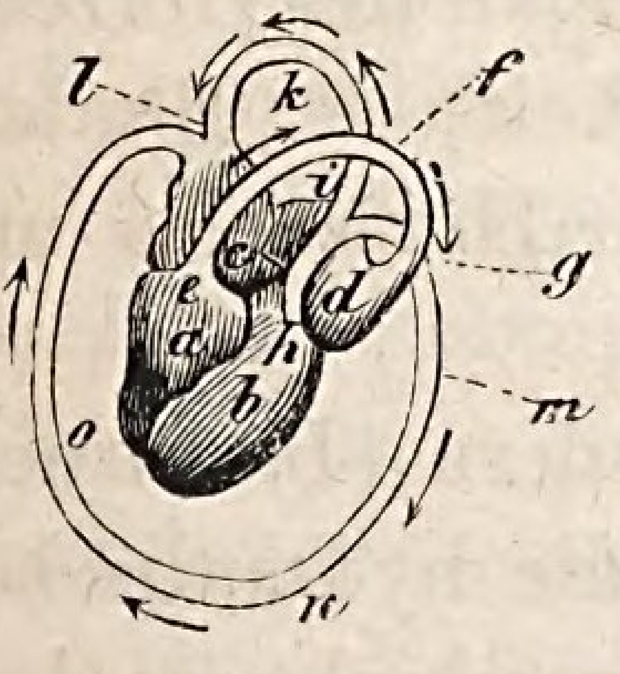


Fig. 1.

Fig. 1. Schema des Kreislaufs nach *Valentin*. — *a* Rechter Ventrikel. *b* Linker Ventrikel. *c* Rechter Vorhof. *d* Linker Vorhof. *e* Lungenarterie. *f* Capillaren der Lunge. *g* Lungenvenen. *h Aorta adscendens*. *i* Die zum Kopfe und zu den obern Gliedmassen gehenden Schlagadern. *k* Deren Capillaren. *l* Deren Venen. *m Aorta descendens*. *n* Deren Capillaren. *o* Die daraus hervorgehenden Venen.

lauf zusammen stellen einen vollkommenen Kreislauf dar. Das Blut nimmt immer auf einander folgend am grossen und kleinen Kreislaufe Theil; erst nach Durchlaufung beider Bahnen ist es zu der Stelle zurückgekehrt, von welcher es ausging. Die gleiche Menge Blut wird in die grosse und in die kleine Blutbahn getrieben.

Die aus dem linken Ventrikel entspringende Aorta (*h*) mit ihren Verästelungen ist die Pulsader für den grossen Kreislauf; alle Venen aber, welche zur Bildung der in den rechten Vorhof (*c*) mündenden obern und untern Hohlvene beitragen, sind die Venen des grossen Kreislaufs. Pulsader des kleinen Kreislaufs ist die aus dem rechten Ventrikel entspringende Lungenarterie (*e*); die vier Lungenvenen, welche das Blut zum linken Vorhofe (*d*) zurückbringen, sind die Venen dieses kleinen Kreislaufs.

Die zum grossen Kreislaufe gehörigen Venen münden nicht insgesammt unmittelbar in die Hohlvenen. Jene nämlich, welche von der Milz, vom Magen und vom grössern Theile des Darmkanals herkommen, vereinigen sich zu einem Hauptstamme, der *Vena portae.* Dieser Stamm tritt, verbunden mit kleineren Aesten von der Gallenblase, den Gallenkanälchen, dem Magen (*Weber, Annotationes anatomicae. Prol.* 6. 1841.) in die Leber, verästelt sich hier schlagaderähnlich, bildet ein Haargefässsystem, und erst aus diesem Capillarsysteme entstehen die Lebervenen, deren Blut sich in die untere Hohlvene ergiesst. Es durchläuft demnach das zum Magen, zum Darmkanale und zur Milz tretende Blut zwei Capillarsysteme, bevor es zum Herzen zurückkehrt. Dieser Leberkreislauf ist ein Anhang des grossen Kreislaufs.

Die Blutbahn in der Herzsubstanz, deren Pulsadern gleich aus dem Ursprunge der Aorta abgehen, unterscheidet sich dadurch von jener der übrigen Organe, dass die Venen nicht zu den Hohlvenen treten, sondern unmittelbar in die Herzhöhlen münden, und zwar wohl grösstentheils durch die *Vena magna cordis.*

§ 5. Eintheilung des Kreislaufs.

Die Beschreibung des Kreislaufs lässt sich unter 5 Kapitel bringen:

1. Bau, Gewebe und Contractilitätserscheinungen des Herzens, wobei auch der Nerveneinfluss auf die Herzthätigkeit, der Blutlauf durch das Herz, die Wirkung der Klappen, der Herzschlag und die Herztöne zur Untersuchung kommen.

2. Bewegung des Blutes durch die Schlagadern (Blutdruck, Schnelligkeit der Blutbewegung u. s. w.), wobei die hydraulischen Gesetze, welche hier in Betracht kommen, vorausgeschickt werden.

3. Blutlauf in den Haargefässen, wobei auch die Mittel, ihn wahrzunehmen, so wie die wesentlicheren Hindernisse desselben berücksichtiget werden.

4. Blutlauf durch die Venen. Wie bei den Pulsadern, so kommen auch hier der Blutdruck, die Schnelligkeit des Blutstromes u. s. w.

in Betrachtung, und es wird ausserdem von den speciellen Hülfsmitteln die Rede seyn, wodurch die Rückkehr des venösen Blutes zum Herzen erleichtert wird.

5. Allgemeine Erscheinungen des Kreislaufs, nämlich die Dauer des Umlaufs, die Blutmenge, die Blutvertheilung u. s. w.

Die Blutgefässe gehören zu den allgemein verbreiteten Organen und gehen in die Zusammensetzung der meisten Gewebe ein. Das Gefässsystem wird deshalb in der allgemeinen Physiologie besprochen und die gewonnenen Resultate werden hier zur Erklärung der Kreislaufserscheinungen verwendet. Der Bau und das Gewebe des Herzens dagegen, als eines besondern Organs, gehören in diesen Abschnitt.

Erstes Kapitel.

Das Herz und dessen Thätigkeit.

Reid, Art. Heart in *Todd's Cyclop. of Anat. and Phys. Vol.* 2. *p.* 577.
Kürschner, Art. Herz und Herzthätigkeit in *Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie. Bd. 2. S. 30.

§ 6. Wände und Höhlungen des Herzens; Grösse und Gewicht desselben.

Das vom Herzbeutel umschlossene Herz liegt im vordern Mittelfellraume. Der Herzbeutel hat einen grössern Umfang als das Herz; durch seine untere Fläche hängt er mit dem sehnigen Theile des Zwerchfells aufs Genaueste zusammen, im übrigen Umfange aber ist er grösstentheils mit dem Brustfelle bedeckt (*Laminae mediastini*). Die innere Lamelle des fibrösen Herzbeutels ist das *Pericardium serosum*; da, wo die grossen Gefässe den Herzbeutel durchbohren, schlägt sich dieselbe auf die Aussenfläche dieser Gefässe um, erreicht so das Herz und bekleidet dieses ebenfalls.

In dem subserösen Gewebe verlaufen die Gefässe und die Nerven und es ist reich an Fett, vornemlich in den Furchen (Fig. 3 u. 4. *f*) und an der Spitze, zumal bei bejahrten Individuen.

Das Herz hat eine sehr verschiedene Grösse, worauf besonders die Entwickelung des gesammten Körpers von Einfluss ist. Bei Männern ist es grösser als bei Weibern, und bei beiden Geschlechtern nimmt es von der Geburt an bis zum höchsten Alter an Masse zu, indem die linke Kammer sich verdickt und die Ostien sich erweitern. Das Gewicht schwankt nach *Krause* zwischen 7 und 15 Unzen, beträgt aber im Mittel 10 Unzen.

Eine Scheidewand theilt das Herz in eine rechte und linke Höhle. Die obere Abtheilung jeder Höhle heisst Atrium oder Vorhof, woran man den *Sinus* und das Herzohr unterscheidet; durch

das elliptische *Ostium atrio-ventriculare*, woran die venösen Klappen sitzen, steht sie mit der untern Abtheilung, dem Ventrikel oder der Kammer in Verbindung. Alle vier Höhlen werden durch das elastische *Endocardium* ausgekleidet; dasselbe ist in den Vorhöfen am dicksten und trägt zu deren Elasticität bei. Zwischen dem Visceralblatte des Herzbeutels und dem *Endocardium* liegen die Muskelbündel des Herzens, deren Perimysium jene beiden Lamellen mit einander in Verbindung setzt.

Die Muskelbündel liegen in mehreren Lagen über einander, wodurch an den Ventrikeln, zumal linkerseits, eine dicke Wand entsteht. An den Vorhöfen dagegen sind sie an einzelnen Stellen so entfernt von einander, dass die Bindegewebslagen unter dem *Pericardium* und *Endocardium* unmittelbar mit einander zusammenhängen (Fig. 3. c′ c′). Nach *Valentin* sind die Wände der linken Kammer etwa noch einmal so dick und schwer, als jene der rechten, während für die Wände des rechten und linken Vorhofs sich das Verhältniss wie 2 : 3 ergiebt. Die Scheidewand der Kammern hat deutlich gleiche Dicke mit den übrigen Wandungen der linken Kammer.

Die Capacität sämmtlicher Höhlen schwankt nach *Krause* bei mässiger Ausdehnung zwischen 27 und 41 Cub. Z. und beträgt im Mittel 32. Wird der trichterförmige Raum zwischen den *Valvulae venosae* dem Vorhofe mit zugezählt, dann werden die vier Herzhöhlen gleich gross seyn: sie haben nämlich im Mittel 8 Cub. Z. Inhalt und können $5\frac{1}{2}$ Unzen Blut aufnehmen.

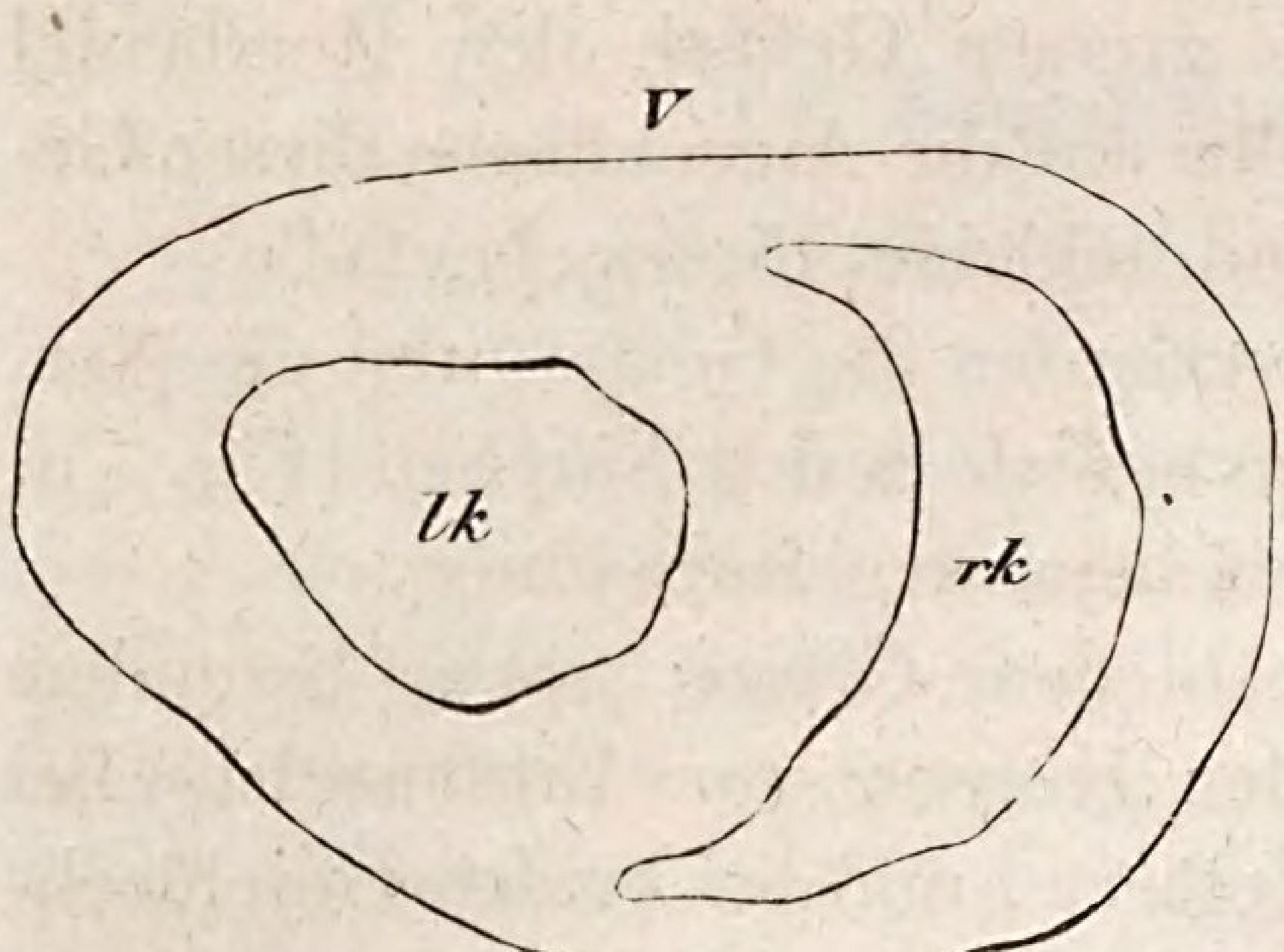


Fig. 2.

Die Gestaltung der beiden Kammern ist eine ganz verschiedene. Da die Scheidewand nach der linken Seite hin ausgehöhlt ist, so erscheint der Durchschnitt der linken Ventrikelhöhle fast elliptisch, (Fig. 2 *lk*), wobei der grössere Durchmesser von rechts nach links liegt. Der Durchschnitt der rechten Ventrikelhöhle dagegen (*rk*) bildet einen Halbmond, dessen Enden nach vorn und nach hinten gekehrt sind.

Fig. 2. Durchschnitt der beiden Ventrikel nach *Ludwig*. — *V* Vorderer Umfang des Herzens. *H* Hinterer Umfang desselben. *rk* Rechte Kammer. *lk* Linke Kammer.

In den rechten Vorhof öffnen sich die beiden Hohlvenen: die untere hat 12 bis 16, die obere 8 bis 12 Linien Durchmesser. An der unteren sitzt die halbmondförmige, im Allgemeinen sehr unvollkommene *Valvula Eustachii.* Unterhalb der Mündung der *Vena cava inferior* öffnet sich die *Vena coronaria magna cordis*, welche ganz oder doch theilweise durch die *Valvula Thebesii* verschliessbar ist. Auch öffnen sich noch mehrere kleine Herzvenen in den rechten Vorhof. Der linke Vorhof mit dem kleinen Herzohre nimmt die vier *Venae pulmonales* auf; dieselben haben einen Durchmesser von 6 bis 7 Linien und besitzen keine Klappen.

Eine genaue Kenntniss der Maasse des Herzens, seiner Wandungen, Höhlen und Oeffnungen, ist für die Beurtheilung pathologischer Zustände sehr wichtig. Sie verdienen deshalb eine genauere Berücksichtigung.

Alle Autoren stimmen darin überein, dass die Maasse und Gewichte des männlichen Herzens grösser ausfallen, als jene des weiblichen, und dass beide in den reiferen Jahren noch zunehmen. Letzteres ergiebt sich zumal aus den Untersuchungen von *Bizot* (*Mémoires de la Société méd. d'observation de Toulouse. T.* 1. *p.* 261), womit auch *Hasse* (Pathol. Anatomie Bd. 1. S. 198) übereinstimmt. Beide fanden zugleich, dass bei schlanken Männern und Frauen das Herz sehr klein ist, gross dagegen bei breitschulterigen.

Krause (Handb. d. m. Anat. 2. Aufl. 1843. S. 783) giebt folgende mittlere Maasse des Herzens an:

	Bei mässiger Ausdehnung.	Bei mässiger Zusammenziehung.
Länge (von der oberen Wand des l. Vorhofes zur Spitze des l. Ventrikels)	$5\frac{1}{4}$ Z.	$4\frac{3}{4}$ Z.
Breite (nahe unterhalb der Vorhöfe)	4 Z.	$3\frac{1}{2}$ Z.
Dicke von vorn nach hinten (an der nämlichen Stelle) .	$3\frac{1}{4}$ Z.	$2\frac{1}{2}$ Z.

Das Gewicht des ganzen Herzens bestimmt *Clendinning* (*Med. chir. Transactions*, 1838) nach 400 Wägungen zu 9 Unzen für den erwachsenen Mann und in den spätern Jahren bis zu 11 Unzen sich erhebend, zu $8\frac{1}{2}$ Unzen für die Frau. Es kommt beim Manne $\frac{1}{158}$, bei der Frau $\frac{1}{149}$ des Körpergewichts auf das Herz. — *Gluge* (Pathol. Histologie. Jena 1850) fand bei 5 gesunden Männern von 21 bis 33 Jahren, Selbstmördern und Hingerichteten, das Herz 250 bis 320 Grammen schwer, im Mittel 288 Grammen. Dies wäre also das Gewicht des Herzens bei erwachsenen gesunden Männern.

Valentin (Lehrb. d. Phys. 2. Aufl. Bd. 1. S. 443, 824, 827) hat beim Menschen und bei mehreren Thieren das Muskelgewicht für jeden Vorhof und Ventrikel bestimmt, und die oben angegebenen Zahlen gefunden. *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Mediz. Bd. 3. S. 154 u. Bd. 4. S. 183) fand einen grössern Unterschied des Gewichtes beider Kammern; zugleich machte er darauf aufmerksam, dass der Wassergehalt beider nicht gleich gross ist. Dies führte zu einem ziemlich unfruchtbaren Streite.

Die Vorhöfe haben im Mittel Wandungen von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie Dicke. *Bouilland* (Lehre von den Herzkrankhh. 1. Abth.) fand die Wände des rechten Vorhofs etwas dünner, als jene des linken; das stimmt mit *Valentin's* Angaben über Gewicht und Volumen. Nach *Theile* (Lehre von den Muskeln und Gefässen. 2. Abth. S. 14) sind die Wandungen der rechten Kammer 2 Linien dick; die linke dagegen ist ganz oben 5 Linien dick, und nach unten sinkt die Dicke schnell auf $1\frac{1}{2}$ bis 1 Linie herab.

Bizot (a. a. O.) und *Ranking* (*Lond. med. Gaz.* 1842. *p.* 903. *Müller's* Archiv 1844. Jahresbericht S. CVI) haben die meisten Angaben über Dicke der Herzwände und Grösse der Herzmündungen. Bei Individuen zwischen 30 und 49 Jahren fand *Bizot* in Pariser Linien:

		Männer.		Frauen.	
Dicke der linken Ventrikelwandungen	an der Basis	$4\frac{17}{46}$		$4\frac{1}{9}$	
	in der Mitte	$5\frac{1}{11}$	$5\frac{1}{11}$	$4\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
	nahe der Spitze	$3\frac{13}{23}$		$3\frac{6}{27}$	
Dicke des *Septum ventric.*, in der Mitte			$4\frac{21}{23}$		$4\frac{11}{27}$
Dicke der rechten Ventrikelwandungen	an der Basis	$1\frac{39}{46}$		$1\frac{19}{27}$	
	in der Mitte	$1\frac{7}{23}$	$1\frac{17}{46}$	$1\frac{13}{54}$	$1\frac{8}{27}$
	nahe der Spitze	$\frac{45}{46}$		$\frac{25}{27}$	
Circumferenz des linken *Ostium venosum*			$48\frac{9}{22}$		$40\frac{17}{26}$
,, ,, rechten ,, ,,			$54\frac{5}{23}$		$47\frac{4}{27}$
,, ,, linken *Ostium arteriosum*			$30\frac{20}{23}$		$28\frac{3}{27}$
,, ,, rechten ,, ,,			$31\frac{12}{23}$		$29\frac{1}{3}$

Man ersieht aus diesen Bestimmungen, womit jene von *Ranking* ziemlich übereinstimmen, dass die *Ostia arteriosa*, besonders aber die *Ostia atrio-ventricularia* am rechten Herzen grösser sind, als am linken. Auffallend ist auch der grosse Unterschied der *Ostia venosa* bei Männern und Frauen, während dieser Unterschied an den *Ostia arteriosa* nur unbedeutend ist. *Bizot* fand ferner, dass die *Ostia atrio-ventricularia* in den späteren Lebensjahren regelmässig an Umfang zunehmen. Nicht ganz so regelmässig verhalten sich die *Ostia arteriosa:* bis ins 6. bis 10. Jahr sind beide gleich weit; beim ganz erwachsenen Menschen überwiegt das rechte *Ostium arteriosum* etwas; später indessen nimmt das linke mehr zu, und bei Alten ist es weiter als das rechte. — In der interessanten Schrift (*Verslag omtrent de ziekten van het hart en de groote vaten*, *waargenomen in het stedelyk ziekenhuis te Rotterdam. Rotterd.* 1853) giebt *Dr. F. J. Schmidt* in einer Tabelle die Resultate von *Lobstein*, *Bouillaud*, *Gluge* und *Bizot*. *Schmidt's* Bestimmungen reihen sich an jene von *Bizot* an, denen er grosse Genauigkeit zuschreibt.

Die in Fig. 2. mitgetheilte Form der Ventrikelhöhlen fand *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7. S. 189) an Herzen im Zustande der Todtenstarre. Nach *Meyer's* Untersuchungen an erschlafften Herzen (Archiv f. pathol. Anat. u. Phys. Bd. 2. S. 272) reicht die vordere Spitze des Halbmonds der rechten Kammer weiter nach links hinüber, als in *Ludwig's* Abbildung. Wir fanden dies bestätigt.

Die Capacität der Höhlen ist schwer zu bestimmen, weil der Grad von Erschlaffung des Herzens und der Druck, unter dem es sich füllte, darauf von grossem Einflusse sind. Wir kommen bei der Physiologie des Herzens darauf zurück, und begnügen uns hier damit, auf *Weber* (*Hildebrandt's* Anatomie. Bd. 3. S. 134) zu verweisen, so wie auf *Valentin* (Physiologie Bd. 1. S. 501), der auch eigene Untersuchungen darüber hat. Bei *Weber* ist auch die ältere Literatur über diese Messungen mitgetheilt.

§ 7. Verhalten der Herzmündungen zu den Herzwandungen und zu den Klappen.

Um eine richtige Vorstellung vom Herzen zu bekommen, muss man sich die Kammern mit dem Ursprunge der Pulsadern und mit den *Valvulae venosae* als ein innig verbundenes Ganzes vorstellen, auf dessen Basis die Vorhöfe weniger fest aufsitzen. Sowohl um die *Ostia venosa* (Fig. 3. u. 4. *a*) als um die *Ostia arteriosa* (Fig. 5. bis 8. *a*) trifft man ein festes fibröses Gewebe, die sogenannten faserknorpligen Ringe dieser Mündungen, von denen einerseits die Klappen (*b*) ausgehn, und von denen andererseits die meisten Muskelfasern der Kammern entspringen. Auf diese Weise sind die Pulsadern, das Herz und die *Valvulae venosae*, welche bei den Contractionen der Kammern dem hohen Drucke des Blutes ausgesetzt

sind, aufs Innigste mit einander verbunden. Dies lehrt eine nähere Betrachtung der *Ostia*.



Fig. 3.

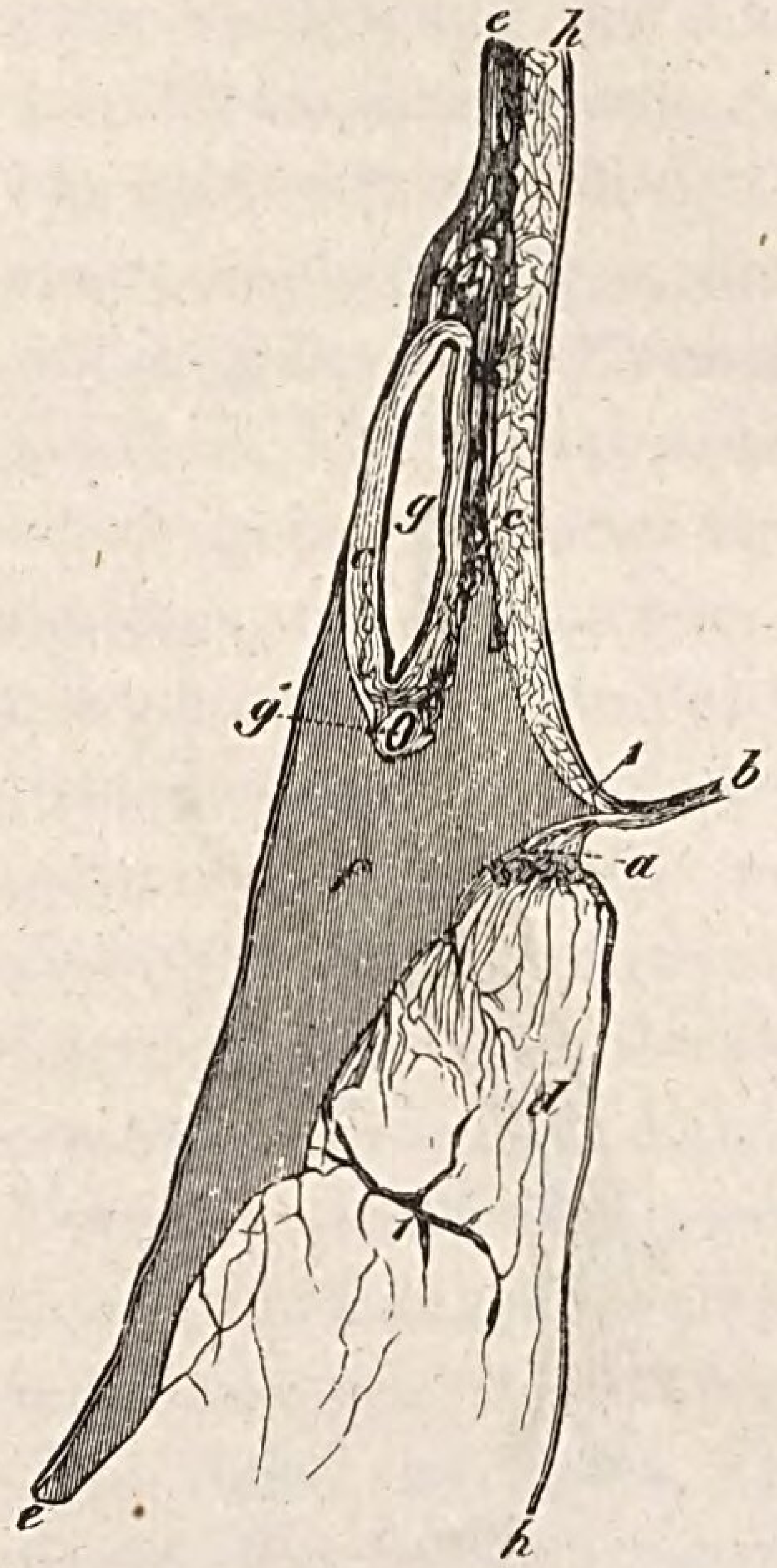


Fig. 4.

Fig. 3. Durchschnitt durch Vorhof und Kammer der rechten Seite, in der Richtung der Axe des Herzens. — *a* Fibröser Ring zwischen Vorhof und Kammer. *b Valvula tricuspidalis*, an deren oberer oder Vorhofsfläche eine stärkere Schicht elastischer Fasern liegt, als an der unteren oder Kammerfläche. *c* Rechter Vorhof (*Musculi pectinati*) mit dem *Endocardium*, welches nach oben sehr dünn wird und stellenweise (*c'*) mit dem *Pericardium* in Berührung kommt. Vom *Endocardium* aus setzt sich das Perimysium zwischen die secundären Muskelbündel fort, die zumal nach unten hin besonders klein sind und dicke Schichten von Perimysium zwischen sich haben. *d* Rechte Kammer, an deren innerer Seite die Muskelbündel der Länge nach verlaufen, sonst aber schief oder quer. *d'* Kleine *musculi papillares*, die an der Basis der Klappe ansitzen und an ihrem Ursprunge durchschnitten sind. *d''* Hohlraum zwischen den Muskelbündeln, über den sich nach oben einige Muskelbündel herumschlagen. *e Pericardium*. *f* Fettgewebe im *Sulcus circularis;* über diesem ist das *Pericardium* am dünnsten und am sparsamsten mit elastischen Fasern versehen. *g Arteria coronaria*. *h Endocardium*.

Fig. 4. Durchschnitt durch Vorhof und Kammer der linken Seite, in der Richtung der Axe des Herzens. — *a* Fibröser Ring zwischen Vorhof und Kammer. *b Valvula bicuspidalis*, auf deren Vorhofsfläche eine stärkere Schicht elastischer Fasern liegt, als auf der untern. *ccc* Linker Vorhof, dicker als der rechte, nach unten sich verdünnend, mit viel *Perimysium* versehen, zumal nach unten hin (1), wo nur sehr dünne secundäre Muskelbündel vorhanden sind, und nach oben und aussen hin (1'), wo sehr viel Fett in dem Perimysium vorkommt. Unter dem *Endocardium* und in dem unmittelbar angrenzenden Perimysium kommt auch hier und da Fett vor. Ein fetthaltiges Perimysium liegt auch um die Muskelbündel der grossen Herzvene herum. *d* Linke Kammer mit längslaufenden Muskelbündeln an der innern Seite, nach aussen aber mit

Die Häute der Pulsadern werden in der Nähe des Herzens dünner (Fig. 5 bis 8. *c*) und verlieren an Elasticität; am Ur-

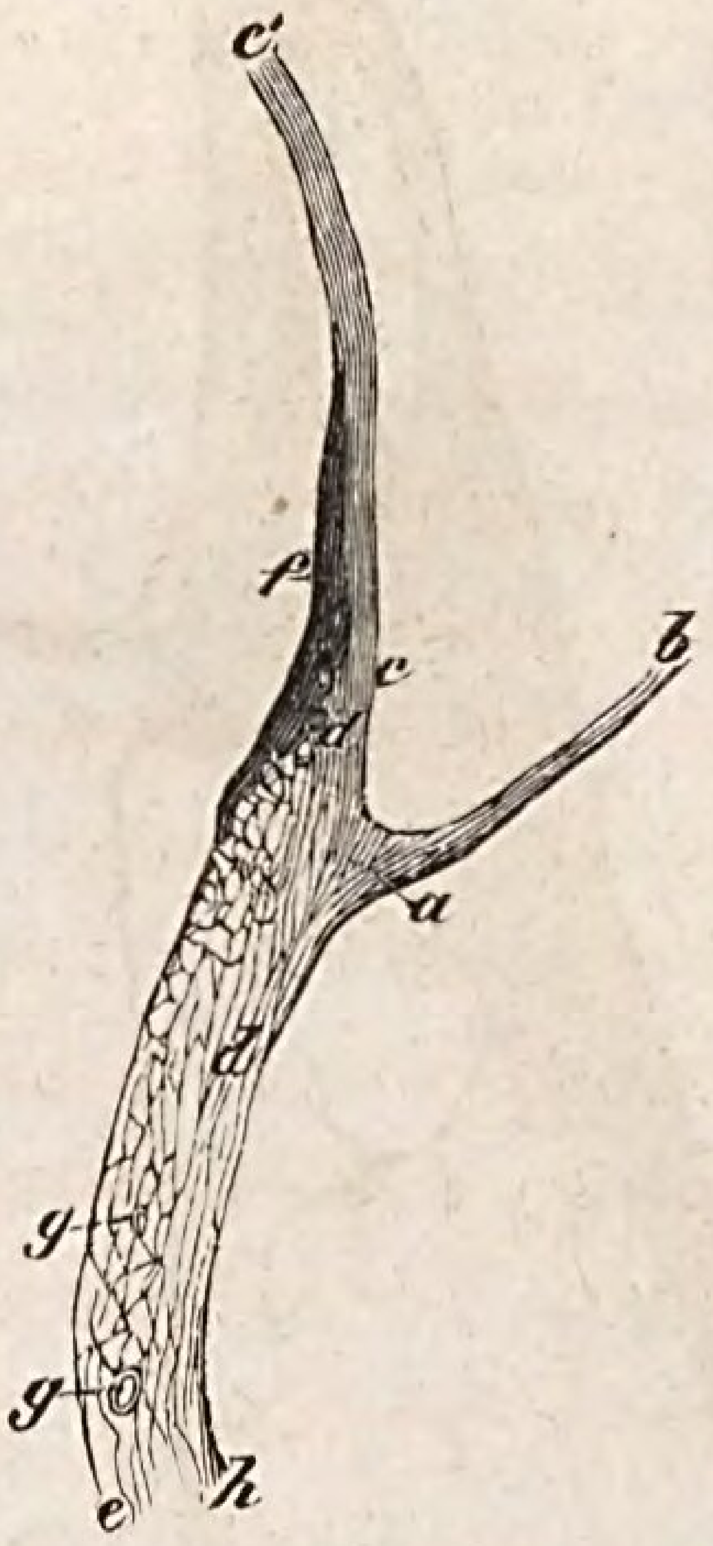


Fig. 5.



Fig. 6.

schiefen Bündeln und einem fetthaltigen Perimysium, welches sich aus dem Bindegewebe im *Sulcus circularis* fortsetzt. *ee Pericardium*, welches da, wo es auf dem Fettgewebe liegt, besonders dünn ist. *f* Fettgewebe im *Sulcus horizontalis*, dessen Klümpchen durch Zusatz von Essigsäure hervortreten, weil dadurch das interlobuläre Bindegewebe aufschwillt. *g* Grosse Herzvene. *g'* Kranzarterie. *h h Endocardium*, im Vorhofe dicker, als in der Kammer; in dieser aber wieder dicker, als in der rechten Kammer.

Fig. 5. Durchschnitt der *Arteria pulmonalis* und der Wandung der rechten Kammer nach der Axe der Arterie; der Schnitt trifft die Mitte einer *Valvula semilunaris*. — *a* Fibröser Ring, wo die Arterie endigt und die Klappe entspringt. *b Valvula semilunaris*, deren untere oder Herzfläche eine dickere Schicht elastischer Fasern besitzt, als die obere. *c* Wandung des *Sinus Valsalvae;* sie besteht aus einer dünnen Lage fibrösen, nach innen mehr elastischen Gewebes, einer Fortsetzung der *Arteria pulmonalis*. *c' Arteria pulmonalis*. *d* Rechte Kammer mit längslaufenden, von *a* und *c* entspringenden Muskelbündeln nach innen, mit schiefen und queren Bündeln nach aussen, mit vielem vom *Pericardium* ausgehenden Perimysium, worin Gefässe und Nerven verlaufen. *e Pericardium*. *f* Fettgewebe unter dem *Pericardium*, von der verdünnten Stelle der *Arteria pulmonalis* bis zum Ventrikel sich erstreckend. *g* Gefässe und Nerven im Perimysium. *h* Dünnes *Endocardium* der rechten Kammer.

Fig. 6. Durchschnitt der Lungenarterie, der Aorta und des *Septum ventriculorum*, da wo die genannten Arterien ins *Septum* übergehen. — *A*. Rechte Herzhälfte. *a* Fibröser Ring am Ursprunge der *Arteria pulmonalis* und am seitlichen Theile einer *Valvula semilunaris*. *b Valvula semilunaris*. *c c Art. pulmonalis*. *d* Kammerscheidewand, so weit sie zum rechten Herzen gehört, zum Theil von dem fibrösen Ringe entspringend. *e* Die obersten vom fibrösen Ringe entspringenden Bündel. *f* Fettgewebe zwischen der rechten und linken Hälfte



Fig. 7.

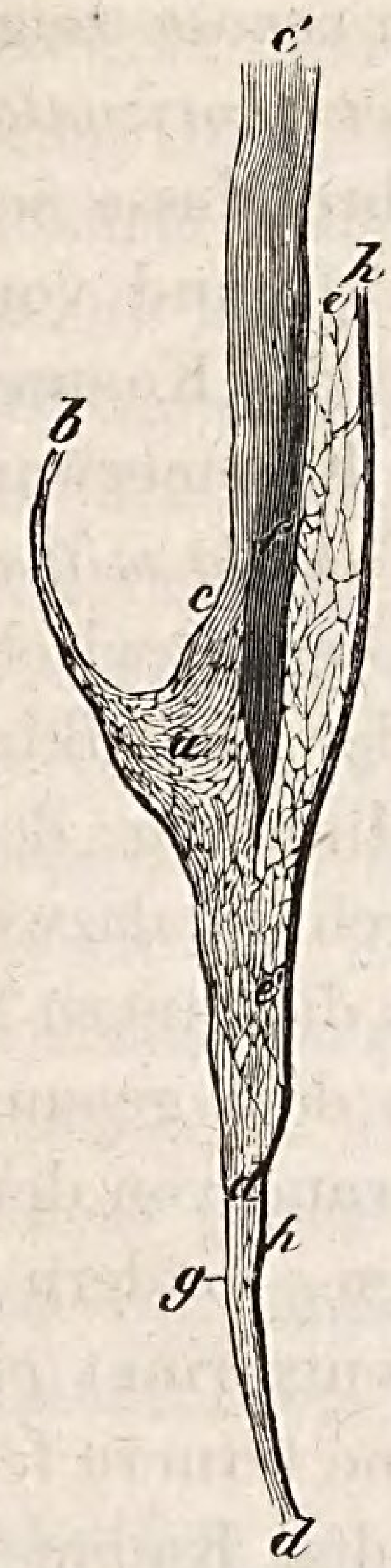


Fig. 8.

sprunge der *Valvulae semilunares* dagegen (*a*) zeigt sich eine deutliche Verdickung, der Faserring des *Ostium arteriosum*. Auf der Fläche der Arterie bildet er drei etwas erhabene Bogen, deren gewölbte Seite dem Herzen zugekehrt ist. Die *Valvulae semilunares* (*b*) gehen von dieser Erhabenheit aus, und die innersten tiefstgelegenen Muskelbündel (*d*) der Scheidewand sowohl als der Kammern entspringen theils von diesen Faserstreifen oder von deren Fortsetzungen, theils von den Wänden der *Sinus Valsalvae*. Ein solcher Ursprung der Muskelfasern zeigt sich an der Lungenarterie im ganzen Umfange, an der Aorta dagegen nur im halben Umfange. Jene Seite der Aorta nämlich, welche dem *Ostium venosum* entspricht (Fig. 8. *c c'*), setzt sich, nachdem der Faserring (*a*) gebildet ist, unmittelbar in die *Valvula mitralis* (*d*) fort; sie steht deshalb blos mittelbar, durch die aus der Mitralklappe entspringenden *Musculi papillares*, mit dem Muskelfleische der linken Kammer im Zusammenhange.

der Scheidewand, von quer verlaufenden Fasern (*d''*) durchsetzt. *g* Bindegewebe mit etwas Fett zwischen Aorta und Lungenarterie. *h Endocardium*. — *B*. Linke Herzhälfte. *a'* Fibröser Ring am Ursprunge der Aorta. *b' Valvula semilunaris*. *c'' Aorta*, in der Mitte des *Sinus Valsalvae* (*c'''*) sehr verdünnt, wobei die elastischen Fasern merklich abnehmen. *d' d' Septum interventriculare*, so weit es zum linken Ventrikel gehört, mit innern längsverlaufenden Bündeln. *d'' d''* Quere, zum Theil von Fett umhüllte Muskelfasern. *e'* Oberste Muskelbündel. *h' Endocardium*, dicker als im rechten Ventrikel und auf die halbmondförmige Klappe sich fortsetzend.

Fig. 7. Durchschnitt durch die Aorta und die Wand der linken Kammer, nach der Axe der Aorta. *a* Fibröser Ring am Ursprunge der Aorta und der *Valvula mitralis*. *b Valvula mitralis*. *c* Unterster Theil des *Sinus Valsalvae*. *c' Aorta*. *d* Linker Ventrikel. *d'* Innerste längslaufende Muskelbündel, welche von *a'* ausgehen. *e Pericardium*. *g Arteria coronaria*. *h Endocardium*.

Fig. 8. Durchschnitt durch die Aorta und die Mitte der *Valvula mitralis* in der Richtung der Axe der Aorta. — *a* Fibröser Ring. *b Valvula semilunaris*. *c Sinus Valsalvae*. *c' Aorta*. *d d Valvula mitralis*. *e* Wandung des linken Vorhofs; nach unten hin (*e'*) liegt viel *Perimysium* mit wenigen längslaufenden Muskelbündeln. *f* Fettgewebe zwischen der Aorta und dem linken Vorhofe. *g* Dünne Lage elastischen Gewebes auf der *Valvula mitralis*, die sich, dicker werdend, nach oben auf die *Valvula semilunaris* fortsetzt. *hh Endocardium*, aus dem Vorhofe auf die *Valvula mitralis* sich fortsetzend.

Die faserigen Ringe der *Ostia venosa* zeigen sich an der Basis der Kammern, so wie man im *Sulcus horizontalis* die Vorhöfe und Kammern von einander trennt. Ihre Masse setzt sich in die *Valvulae venosae* fort (Fig. 3 u. 4. *a b*), und von ihnen entspringen auch die innersten Muskelschichten der Kammern (*d*), der Scheidewand sowohl als der eigentlichen Kammerwand. Wir haben gesehen, dass der eine Zipfel der *Valvula mitralis* eine Fortsetzung der Aortenwand ist (Fig. 8. *d*). Dieser zwischen *Ostium venosum* und *arteriosum* liegende Zipfel der Mitralklappe entspringt also nicht vom Faserringe der venösen Mündung; derselbe ist linkerseits, wo er übrigens viel dicker ist, durch die dazwischentretende Aorta unterbrochen. So kommt es, dass die innern Muskelschichten der linken Kammer fast durchaus von dem genannten Faserringe ausgehen, während jene der Scheidewand von der Aorta entspringen.

Nicht blos von den Faserringen, sondern auch von den sehnigen Fäden der *Valvulae venosae* entspringt eine Anzahl Muskelbündel der Kammern, wodurch eine fernere feste Verbindung zwischen den *Valvulae venosae* und den Kammern hergestellt wird. Meistens ragen diese letztern Muskelbündel als *musculi papillares* hervor.

Nur für die am meisten nach innen gelegnen Muskelbündel lässt sich der unmittelbare Ursprung aus dem faserigen Gewebe nachweisen. Nun sind aber, zumal an der linken Kammer, um diese innerste Schicht noch verschiedene andere Schichten in verschiedenen Richtungen, schief und spiralig herumgelegt. Die meisten Schichten kommen an der linken Kammer vor: die tiefste und die oberflächlichste verlaufen in entgegengesetzter Richtung und bilden einen Winkel von etwa 90°, die dazwischen liegenden Bündel aber verlaufen in einer Reihenfolge ziemlich in allen Richtungen, welche zwischen jenen zwei sich kreuzenden Richtungen möglich sind (*Ludwig*).

Die oberflächlichsten Schichten setzen sich deutlich über den *Sulcus longitudinalis* fort, sind also beiden Ventrikeln gemeinschaftlich. Die darunter gelegenen Schichten, namentlich der linken Kammer, gehen grösstentheils ins *Septum* über.

Viele Bündel der oberflächlichsten Schichten sind Fortsetzungen der innersten Schicht: an der Spitze der linken Kammer treten die innersten Muskelbündel nach aussen und schlagen sich nach oben in die oberflächlichen Schichten um. Ueberall durchsetzen sich die Bündel der verschiedenen Schichten, wie man es an den

Trabeculae carneae, welche Zwischenräume zwischen sich lassen, unmittelbar wahrnehmen kann, und die Bündel der *musculi papillares* sieht man zum Theil rasch an die Oberfläche treten. Indess bleibt es ungewiss, ob alle Muskelbündel Fortsetzungen jener sind, welche vom fibrösen Gewebe entspringen.

Die Muskelbündel der Vorhöfe sind vollständig von jenen der Kammern getrennt; nirgends gehen sie in einander über. Der Ursprung dieser Bündel lässt sich nur zu einem kleinen Theile vom fibrösen Gewebe ableiten. Die Muskelwände der Vorhöfe reichen zwar bis an die Faserringe der *Ostia venosa*, werden aber sehr dünn, bevor sie dieselben erreichen, und bekommen meistens noch eine quere oder schiefe Richtung, so dass für die meisten Muskelbündel wenigstens der Ursprung vom fibrösen Gewebe zweifelhaft bleibt. — Auch an den Vorhöfen gehen die oberflächlichen Muskelbündel zum Theil unmittelbar von einem zum andern; jeder Vorhof hat aber auch seine eigenthümlichen Bündel.

Allgemeines Verhalten der Ostien zu den Herzwandungen. Für den Ursprung der Klappen sowohl als der Muskelfasern des Herzens haben die im Umfange der venösen und arteriellen Mündungen liegenden Theile, wie wir sahen, eine ganz besondere Bedeutung. Die fibrösen Ringe der *Ostia venosa* waren bereits *Lower* (*Tractatus de corde*, 1669, p. 29) bekannt und fanden an *Wolff* (*Acta Ac. Sc. imp. Petrop. pro anno* 1781, *Petrop.* 1784) einen genauen Beschreiber; für jene der *Ostia arteriosa* hat besonders *Reid* (*Art. Heart* in *Todds Cyclop.*, desgl. *Physiological, anatomical and pathological Researches*, 1848, p. 354) eine getreue Darstellung geliefert.

Das Verhalten der Ostien zu den übrigen Theilen ist in beiden Kammern ein verschiedenes. Rechts ist das *Ostium venosum* ganz vom *Ostium arteriosum* gesondert und beide sind etwas von einander entfernt. Das *Ostium venosum* ist ringsum von einem dünnen fibrösen Ringe umgeben (Fig. 3.a), von dessen ganzem Umfange die *Valvula tricuspidalis* (*b*) sich nach innen fortsetzt; dieselbe entspricht nach oben der Basis des rechten Vorhofs (c), nach unten der Basis der rechten Kammer (*d*). Die Mündung der Lungenarterie liegt getrennt davon in der Wandung des rechten Ventrikels. Dieselbe entspricht grösstentheils dem freien Theile des Ventrikels (Fig. 5.), zum Theil aber auch dem *Septum* (Fig. 6. *A*). Der Faserring an dieser Oeffnung dient nach innen den *Valvulae semilunares* zum Ursprunge; er grenzt nach unten nur an Muskelfasern, welche theils der freien Wand der rechten Kammer (Fig. 5. *d*), theils der rechts liegenden Partie des *Septum ventriculorum* angehören (Fig. 6. *d*), nach oben aber an den *Sinus Valsalvae* (Fig. 5. *c* und Fig. 6. *Ac*). - An der linken Kammer liegt das *Ostium arteriosum* unmittelbar am *Ostium venosum*. Von dessen Faserringe (Fig. 6. *Ba*, Fig. 7. *a* und Fig. 8. *a*) gehen, wie bei der Lungenarterie, ringsum die *Valvulae semilunares* (Fig. 6. *Bb*, Fig. 7. u. Fig. 8. *b*) nach innen ab, welche nach oben überall mit der Wandung der *Sinus Valsalvae* zusammen hängen (Ib. *c*.); nach unten dagegen grenzt der Faserring nur theilweise an die Muskelfasern der Kammer, weil er nach dem *Ostium venosum* hin sich als *Valvula mitralis* fortsetzt (Fig. 8. *dd*). Die dem Faserringe entsprechenden Muskelfasern gehören zum kleinern Theile der freien Wand der linken Kammer an (Fig. 7. *d*), der bei weitem grössere Theil tritt zur links liegenden Partie des *Septum ventriculorum* (Fig. 6. *Bd'*). — Jener Theil der *Valvula mitralis*, welcher sich von der *Aorta* fortsetzt, trennt das *Ostium arteriosum* und *venosum* von einander, bildet also einen Theil des Umfangs beider.

Ausserdem wird das linke *Ostium venosum* von dem Faserringe zwischen Vorhof und Kammer begrenzt (Fig. 4. *a*), wovon nach innen die *Valvula mitralis* ausgeht (*b*), während nach oben Muskelfasern für den Vorhof, nach unten Muskelfasern für die Kammer der linken Seite davon entspringen.

Ursprung der Muskelfasern. Neben den Ostien kommen die sehnigen Fäden der *Musculi papillares* dabei in Betracht, von denen man besser die Muskelbündel entspringen lässt, statt sie als Ausläufer der Muskeln anzusehen.

Was die einfache Präparation des *Sulcus circularis* lehrt, das haben uns Hunderte von Durchschnitten durch Vorhof und Kammer (Fig. 3 u. 4.) gezeigt, dass nämlich die Muskelbündel beider nirgends unmittelbar in einander übergehen. Vorhof und Kammer der rechten Seite werden zum Theil durch eine dünne Schicht Bindegewebe, zum Theil durch die festen Faserringe von einander getrennt. Zusatz von Essigsäure bringt die Sache immer ins Klare, wenn man über diese Trennung in Zweifel ist.

Die innersten Schichten der linken Partie des *Septum ventriculorum* (Fig. 6. *Bd'*) entspringen von der *Aorta*, ausserdem noch zu einem kleinen Theile von jenem aus der *Aorta* sich fortsetzenden grossen Zipfel der *Valvula mitralis*, welcher zwischen *Ostium venosum* und *arteriosum* liegt. Von der *Aorta* tritt ein breiter Streifen ans *Septum*, dessen Bündel weiter abwärts nach 2 Seiten aus einander weichen, wobei sie sich mitunter isolirt über die Oberfläche erheben, und zuletzt mit dem feinen dichten Netze am untersten Theile der freien Wandung der linken Kammer zusammenfliessen. Der Faserring der *Aorta* setzt sich in einer kleinen Strecke zum Theil als *Septum ventriculorum* fort, ohne dass schon Muskelfasern davon entspringen. Prof. *Hauska* in Wien findet daher, eine kleine Strecke des *Septum ventriculorum* enthalte gar keine Muskelfasern und sei durchscheinend. (Wiener med. Wochenschrift. 1855. Nr. 9). Es ist aber nicht wahr, dass hier nur die *Endocardia* beider Seiten die Scheidewand bilden, vielmehr setzt sich das Fasergewebe der fibrösen Ringe als eine dicke und feste Schicht in das *Septum* fort. — Die innersten Schichten der freien Wand der linken Kammer stammen grösstentheils vom fibrösen Ringe am *Limbus cordis*, welcher dem kleineren Zipfel der *Valvula mitralis* entspricht (Fig. 4.). Dazu kommen, unmittelbar am *Septum*, einige Bündel von den Seiten des grösseren aus der *Aorta* stammenden Zipfels (Fig. 7.), sowie ferner die ansehnlichen Bündel der *musculi papillares*, welche von den sehnigen Fäden der ganzen *Valvula mitralis* ausgehn. So wird denn der ganze Umfang der *Aorta* in gleicher Weise, wie es bei der Lungenarterie der Fall ist, mittelbar oder unmittelbar mit dem muskulösen Herzen in feste Verbindung gesetzt. — Die innersten Schichten der rechten Partie des *Septum ventriculorum* entspringen von der Lungenarterie (Fig. 5. *a*) in einem viel kleineren Umfange, als jene der linken Partie des *Septum* von der *Aorta*. Dem *Septum* entspricht nämlich ein Zipfel der *Valvula tricuspidalis*, von deren Ursprunge die Fasern für das *Septum* ausgehen und deren schräge Fäden sich auch seitlich auf demselben ausbreiten, wo die mässig hervorragenden, zerstreut darauf vorkommenden *musculi papillares* von denselben entspringen. Weiter abwärts gehen die Bündel auf dieser Fläche des *Septum ventriculorum* in *Trabeculae carneae* über, welche mit jenen der freien Wand der Kammer zusammenfliessen. Die letztern bilden aber hier nach unten ein weiteres und gröberes Netz von Bündeln als in der linken Kammer, und sie bedingen zum grösseren Theile die Dicke der freien Wand. Zwischendurch kommen feine weisse Streifchen in dem Netze der *Trabeculae carneae* vor: dieselben haben ein fibröses Aussehen, enthalten aber meistens noch Muskelbündel in ihrer Axe und sind weit elastischer, als die sehnigen Fäden der *musculi papillares*. — Die innersten Schichten der freien Wand der rechten Kammer haben ebenfalls einen doppelten Ursprung: vorn gehen sie von der freien Wandung der *Arteria pulmonalis* ab (Fig. 5.), die übrigen kommen vom fibrösen Ringe (Fig. 3. *a*) und von der *Valvula tricuspidalis* (*b*). Diese Klappe nämlich entsendet zuerst einen Theil ihrer sehnigen Fäden zur freien Wand, woselbst mehrere *musculi papillares* von ihnen entspringen; sodann aber sieht man ohne Ausnahme, wenngleich nicht immer gleich stark entwickelt, gegenüber der freien Wand und gegenüber dem *Septum*

viele kleine *musculi papillares* (Fig. 3. *d'*), welche gleich unter dem Ursprunge der *Valvula tricuspidalis* mit kurzen sehnigen Fäden von dieser abgehen. Aehnliche, nur weniger gut ausgebildete *musculi papillares* finden sich auch unter dem kleinen Zipfel der *Valvula mitralis* an der freien Wand der linken Kammer. Um diese kleinen Warzenmuskeln zur Ansicht zu bringen, muss man die grösseren Muskeln oder deren sehnige Fäden durchschneiden und die Klappe nach oben umschlagen. Man gewahrt dann nicht selten, wie einzelne primäre Fädchen dieser Warzenmuskeln sich durch die ganze Klappe hinziehen und unmittelbar in jene kleinen *musculi papillares* oder in andere hier entspringende Muskelbündel übergehen. — Wir erwähnten, dass die Bündel der innersten Schichten an mehreren Punkten in die oberflächlichen Schichten übergehen, ohne dass es indessen bewiesen ist, dass man alle oberflächlichen Bündel als Fortsetzungen der tiefern anzusehen habe. Am deutlichsten ist dies der Fall an der Spitze der linken Kammer, wo die mittleren Faserschichten aufhören, die innern aber sich umwenden und unmittelbar in die äusseren übergehen, welche nach oben vorlaufen. (S. *Reid* in *Todd's Cyclop.* Vol. 2, p. 591.) Je weiter nach innen die Fasern liegen, desto mehr nach aussen befinden sie sich nach dieser Umwendung. Sie treten zum Theil auf die freie Wand der rechten Kammer und zur rechten Partie des *Septum*. — Nimmt man an einem macerirten Herzen die Muskelbündel schichtenweise weg, so sieht man, dass sie überall auf gleiche zusammengesetzte Weise durch einander verflochten sind wie in den *Trabeculae carneae*, was die Erforschung der Richtung und des Zusammenhangs der Muskelbündel sehr erschwert. Unverkennbar ist aber der deutliche Zusammenhang zwischen den verschiedenen Schichten. — Die Richtung der Bündel ist verschieden. An der linken Kammer verlaufen die oberflächlichsten links gewunden von der Basis zur Spitze; die darauf folgenden nähern sich allmählig der queren Richtung; noch mehr in der Tiefe verlaufen sie rechts gewunden und so entsteht der Uebergang zu den innersten Schichten, welche beinahe senkrecht von der Basis zur Spitze herabsteigen. So die Beschreibung *Theile's* (*Soemmerring's* Gefässlehre, S. 27), mit welcher *Ludwig*, wie bereits angegeben, übereinstimmt. Das *Septum ventriculorum* zeigt das nämliche Verhalten, weil die mittleren Schichten in dasselbe treten. — *Ludwig* meint, die Muskelbündel lägen zwischen den tiefsten und oberflächlichsten Schichten in der Form einer 8 um das Herz herum, und daraus liessen sich die auf einander folgenden Richtungen der Bündel erklären.

Für die Vorhöfe scheinen einige Bündel im ganzen Umfange der *Ostia venosa* von dem mehr oder minder entwickelten faserigen Ringe zu entspringen, desgleichen vom obersten Theile der *Valvulae venosae*, auf welche das *Endocardium* aus den Vorhöfen sich fortsetzt. An dem von der *Aorta* herabsteigenden Zipfel der *Valvula mitralis* entspringen ebenfalls einige Muskelbündel des linken Vorhofs, die aber kaum über die Stelle herabreichen, wo die *Valvulae semilunares* auf der andern Seite entspringen. Nirgends gehen Muskelbündel in die Klappen über, wie sie von *Kürschner* (*Wagner's* Handwörterbuch der Phys., Bd. 2. S. 44) beschrieben wurden, und die schon von *Reid*, *Baumgarten* und Andern theilweise oder ganz in Abrede gestellt worden sind. — Es entspringt aber nur ein kleiner Theil der Vorhofsmuskelbündel in der Herzfurche. Zumal auf der linken Seite verlaufen die Muskelfasern des Vorhofs sehr zugespitzt zum fibrösen Ringe (Fig. 4. *c*), und es gelingt fast niemals, hier Durchschnitte nach der Längsrichtung der Muskelbündel zu erhalten; die Muskelbündel scheinen mehr nur der Länge nach zu verlaufen, als wirklich daselbst zu entspringen. Ebenso kommen auch vom Aortenzipfel der *Valvula mitralis* (Fig. 8. *d*) gewiss nur wenige Bündel zum linken Vorhofe. Zuvörderst nämlich tritt zwischen Vorhof und *Aorta* Fettgewebe auf (Ib. *f*), welches sich noch über den Ursprung der *Valvulae semilunares* (*b*) herabzieht, und von einem Abgange von Muskelfasern kann also hier nicht mehr die Rede sein; sodann sieht man auf einem senkrechten Durchschnitte von oben nach unten in der Axenrichtung der *Aorta* die meisten Bündel quer durchschnitten, und zwischen den secundären Bündeln setzt sich ein loses Bindegewebe fort, welches mit der Mitralklappe zusammenhängt; auf Querschnitten endlich trennen sich durch

einen mässigen Druck die Muskelbündel manchmal fast gänzlich von der Klappe, so dass sie nur durch ein lockeres Bindegewebe damit zusammen zu hängen scheinen. Sie werden aber an ihrem Platze festgehalten, weil das *Endocardium* vom Vorhofe auf die *Valvula mitralis* sich fortsetzt (Fig. 8. *hhd*) und die Muskelbündel einschliesst. So sind auch die untersten Bündel des linken Vorhofs (Fig. 4. *c*), die fast quer in der Herzfurche verlaufen, futteralartig von einem sehr festen *Perimysium* umhüllt und an ihrem Platze festgehalten. Dagegen unterliegt es keinem Zweifel, dass manche Bündel der *musculi pectinati* des rechten Vorhofs im *Sulcus cordis* entstehen (Fig. 3. *c*), wenngleich dieser Ursprung wegen der raschen Verflechtung der Bündel schwer zu verfolgen ist.

Die oberflächlichen Schichten der Vorhöfe bestehen aus abgeplatteten Bündeln, welche in querer oder schiefer Richtung von einem Vorhofe zum andern gehen, was zumal auf der vordern Seite deutlich ist; ein Theil derselben geht auch ins *Septum* über. In der Nähe der einmündenden Venen hat jeder Vorhof seine besonderen Muskelbündel, und diese verbreiten sich zum Theil auf die Venen, namentlich auf die *Vena cava superior* und auf die *Venae pulmonales*, an denen sie ringförmig durch das *Pericardium* hindurchschimmern. — Die Bündel am rechten und linken Vorhofe, welche sich über die obere Fläche weg nach vorn und nach hinten erstrecken, werden zum Theil von queren und von schiefen Bündeln bedeckt und durchflechten sich auch damit. — Die Vorhofsscheidewand ist besonders reich an festem Bindegewebe und an elastischen Fasern.

Der Verlauf der Muskelfasern des Herzens ist vielfach untersucht worden. Die Maceration, längere Zeit (*Weber*) oder nur kürzere Zeit (*Searle*) fortgesetztes Kochen, Einpöckeln, einfaches Maceriren und Abreiben der oberflächlichen Schichten mittelst des Daumens, selbst zu wiederholten Malen (*Ludwig*), hat man vornehmlich in Anwendung gezogen. Ungeachtet aller dieser Versuche sind die Resultate nicht recht befriedigend ausgefallen. S. hierüber: *Haller*, *de partium c. h. fabrica. Lib.* 4. *Sectio* 3. § 22. — *Wolff*, *Nova acta Ac. sc. imp. Petrop.* 1781—1788. — *Weber* in Hildebrandt's Anatomie, Bd. 3. S. 150. — *Reid* in *Todd's Cyclop. of Anat. and Phys.*, *Vol.* 2. *p.* 599. — *Searle*, ib. p. 629. — *Palicki*, *Diss. de musculari cordis structura. Vratisl.* 1839. — *Theile* in Soemmerring's Gefässlehre, S. 21 u. 33. — *Bourgery*, *Anatomie descriptive ou physiologique. T.* 4. *Paris* 1835. — *Parchappe*, *du Coeur. Paris* 1844, p. 47—78. — *Bonamy et Beau*, *Atlas d'Anatomie descriptive. Paris* 1847. *T.* 2. *pl.* 2 *et* 3. — *Ludwig*, Zeitschr. f. rat. Medizin. Bd. 7. S. 189. — *Donders*, *Nederl. Lancet.* 3e. *Ser.* I. 541.

§ 8. Histologische Zusammensetzung des Herzens.

Das vorwaltende Element am Herzen ist das Muskelgewebe. Dasselbe ist zwar nur der unwillkürlichen Contraction fähig, stimmt aber ganz mit den willkürlichen Muskeln überein. Die Muskelsubstanz des Herzens ist sehr fest. Mit Unrecht ist aber von Manchen das *Perimysium* geläugnet worden; es kommt auch hier, gleichwie bei allen Muskeln vor, geht von dem Bindegewebe unter dem *Pericardium* und *Endocardium* aus (Fig. 3 bis 8. u. Fig. 9. *ee*) und scheidet die

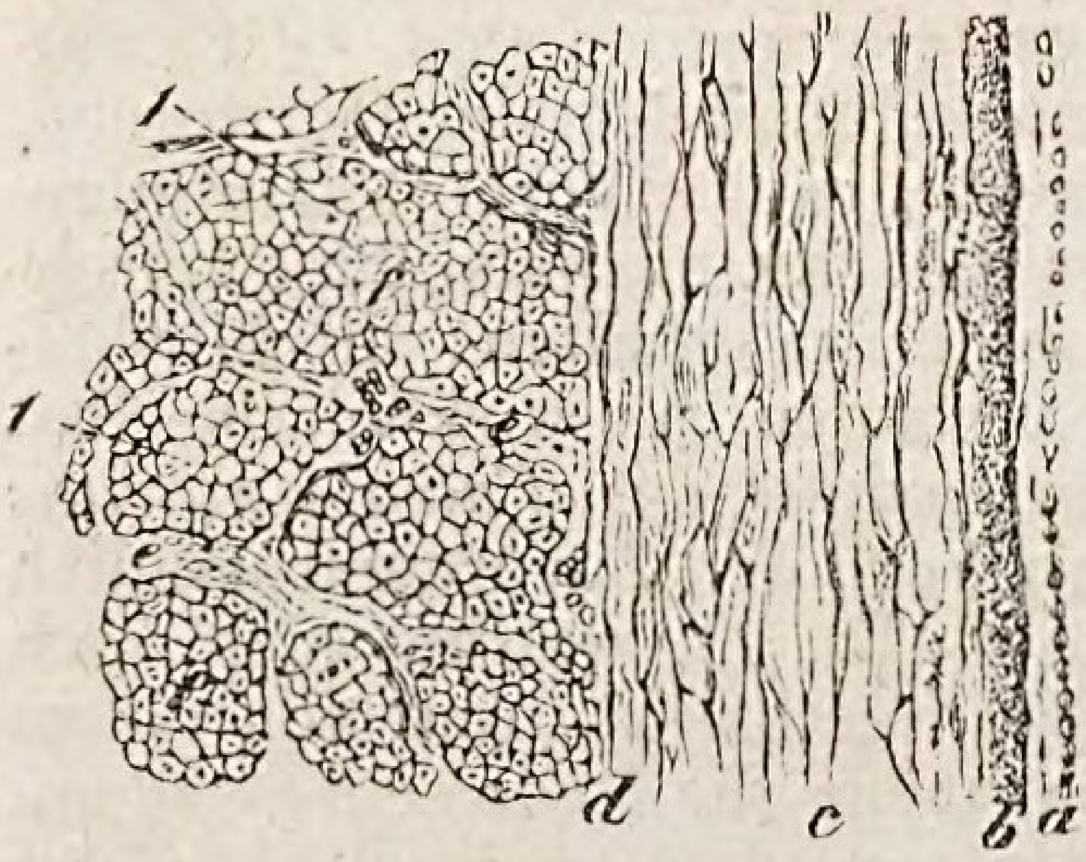


Fig. 9.

Fig. 9. Durchschnitt durch das *Endocardium* und die innern Muskelbündel des linken Vorhofes; Behandlung mit schwacher Essigsäure; 77malige Ver-

secundären Muskelbündel von einander. In den Vorhöfen ist es reichlicher vorhanden, als in den Kammern, und es enthält ziemlich viel elastische Fasern. In diesem *Perimysium* verlaufen die kleinen Gefäss- und Nervenstämme; auch findet man wohl hin und wieder Fettgewebe darin. — Die Primitivmuskelbündel (Fig. 10) sind dünner als in den willkürlichen Muskeln, ihr *Sarcolemma* ist weniger deutlich, und sie haben längliche im Centrum der Bündel liegende Kerne; in den Vorhöfen anastomosiren sie mit einander. Sie haben besondere Neigung zur Fettmetamorphose, womit sich immer eine ins Olivenartige spielende Färbung des Herzens verbindet.

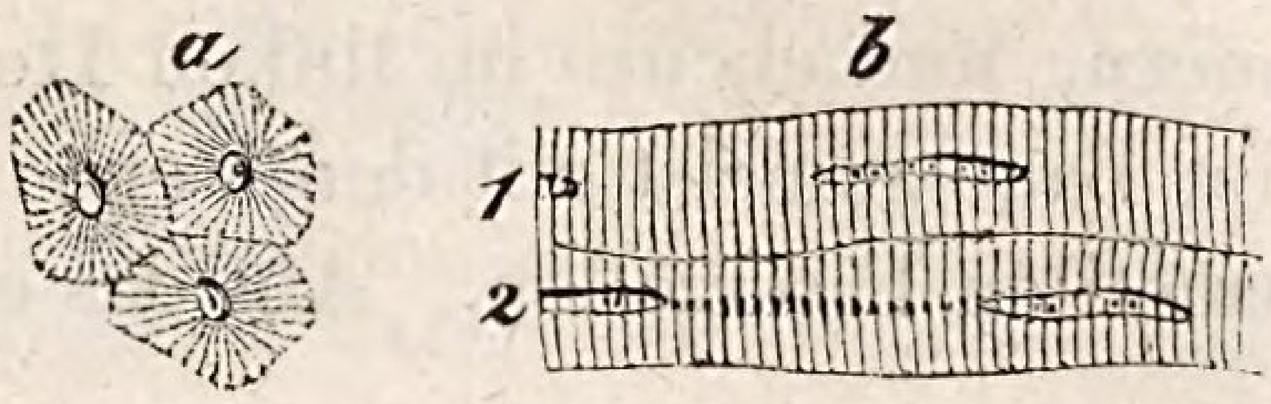


Fig. 10.

Die fibrösen Ringe, die mittleren Schichten der Klappen nebst dem untersten Theile der *Sinus Valsalvae* bestehen aus einem festen, in den fibrösen Ringen selbst harten, nur wenig dehnbaren, weissen, bei durchfallendem Lichte etwas gelblichen Gewebe, welches zwischen fibrösem und faserknorpligem Gewebe in der Mitte steht. Man unterscheidet darin zweierlei Elemente: *a*, schwer zu isolirende, wenig geschwungene Bündel von Bindegewebsfasern; *b*, elastische Elemente, nämlich breite verästelte Bündel (Fig. 11 und 12, 1), und verästelte,

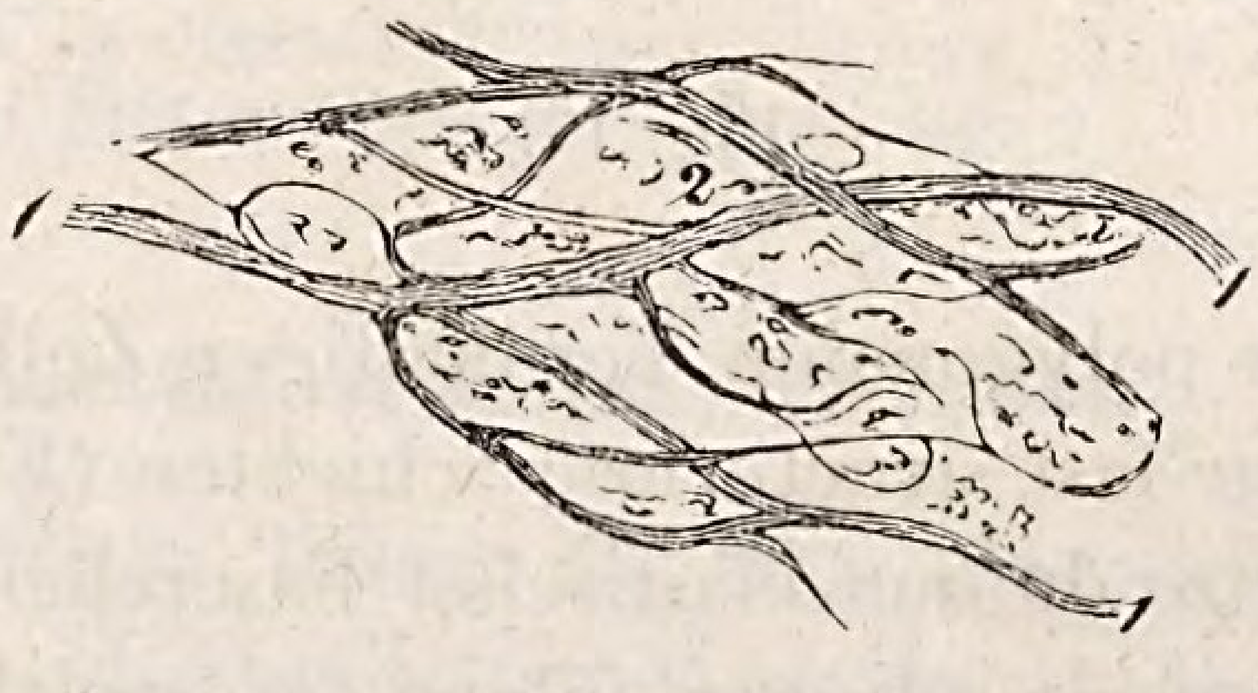


Fig. 11.

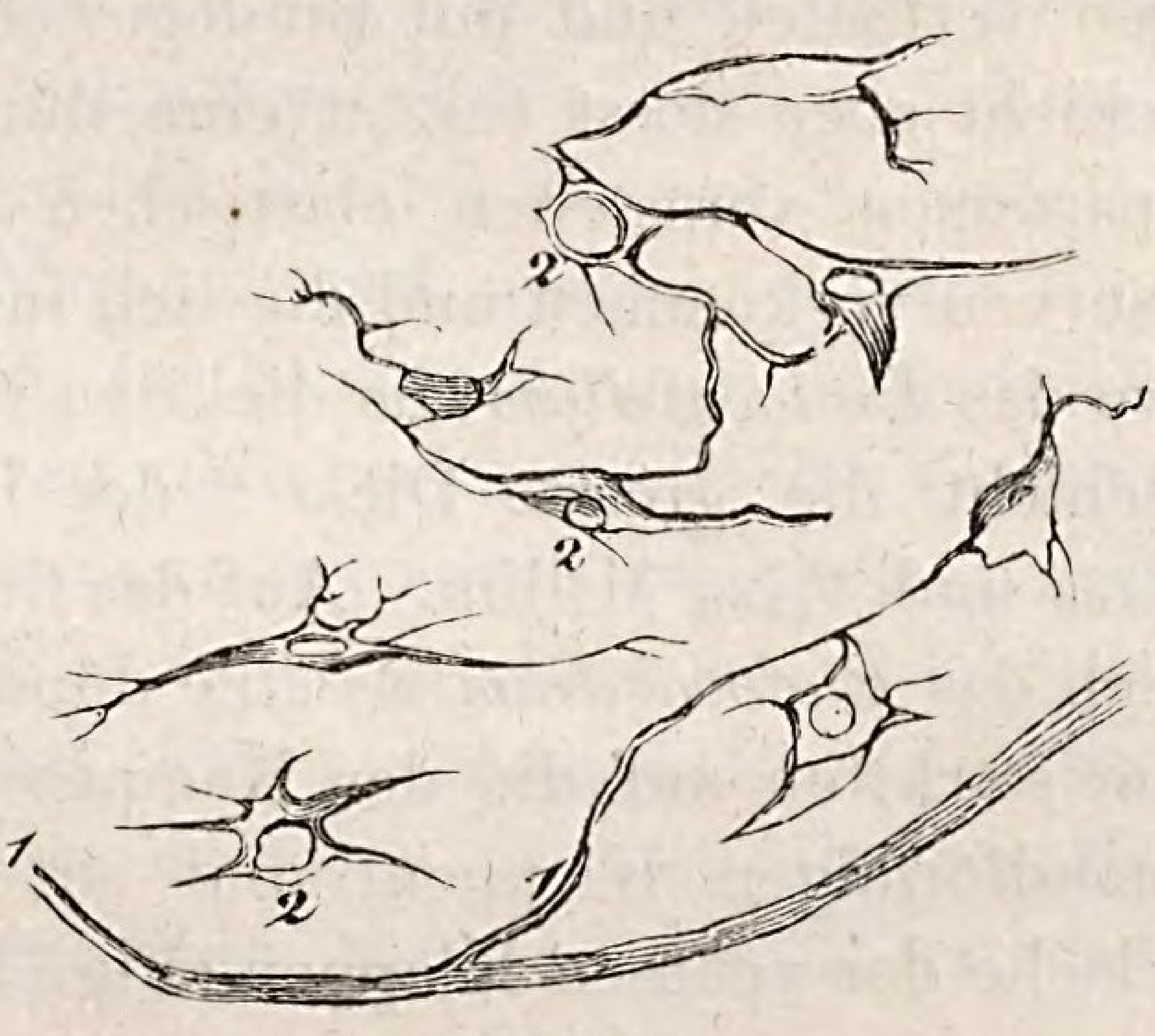


Fig. 12.

grösserung. — *a* Innerste fast structurlose Schichten, worin einzelne Kerne und kurze elastische Fasern vorkommen; es liegt das *Epithelium* darauf. *b* Querdurchschnittene feine Netze dicht an einander liegender elastischer Fasern. *c* Schichten dicker elastischer Fasern mit etwas Bindegewebe dazwischen; die Schichten communiciren mit einander. *d* Bindegewebe mit einzelnen parallelen, nur wenig unter einander communicirenden elastischen Fasern; nach der Muskellage hin werden sie sehr dünn. *ee Perimysium*. *ff* Querdurchschnittene Muskelbündel.

Fig. 10. Primitivbündel eines Kalbsherzens, nach Behandlung mit schwacher Essigsäure: *a* Querdurchschnittene. *b* Längslaufende.

Fig. 11. Durchschnitt durch das Gewebe des fibrösen Ringes der *Aorta*, welches mit schwacher Essigsäure behandelt wurde; 77malige Vergrösserung.

unter einander communicirende, manchmal noch kernhaltige, atrophische Zellen (Ib. 2). An Gefässen ist dieses Gewebe sehr arm, und Nerven sahen wir gar nicht darin.

Das *Endocardium*, in den Vorhöfen dicker als in den Kammern, und ebenso im linken Herzen dicker als im rechten, stimmt im Baue zumeist mit den Venen überein; nur fehlen ihm die contractilen Faserzellen. Auf das einfache Pflasterepithelium, welches



Fig. 13.

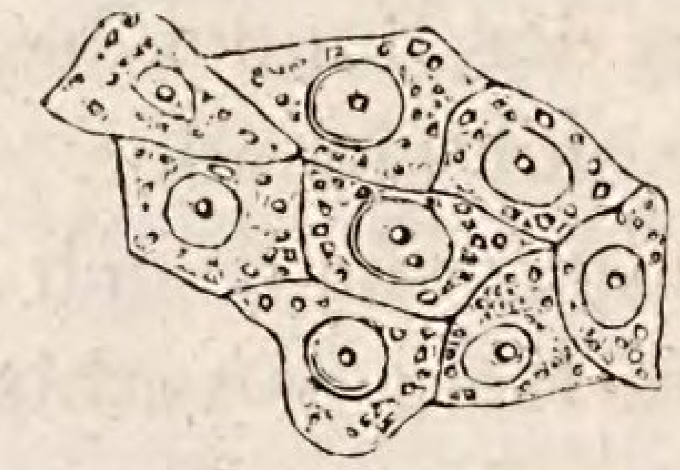


Fig. 14.

aus polygonalen kernhaltigen Zellen besteht (Fig. 14), folgen ein Paar fast structurlose Schichten (Fig. 9. *a*). An diese grenzen dichte Netze dünner elastischer Fäserchen (*b*), auf welche bald Schichten elastischer Fasern folgen (*c*), welche in entgegengesetzten Richtungen verlaufen und mit Bindegewebe abwechseln; an die Muskelschicht aber stösst zuletzt eine dünne Bindegewebsschicht (*d*) mit sparsamen verästelten elastischen Fasern, worin Blutgefässe und Nerven vorkommen und die sich ins *Perimysium* (*e*) fortsetzt. Da wo das *Endocardium* am dicksten ist, erreicht auch die elastische Schicht die grösste Dicke: der Durchmesser wechselt zwischen $^1/_{300}$ und $^1/_{1500}$ Millim. Auf das fibröse Gewebe der Klappen setzt sich das *Endocardium* als eine dünne, mehr elastische Schicht fort, am stärksten auf die der Kammer zugewendete Fläche der halbmondförmigen Klappen, und auf die den Vorhöfen zugekehrte Fläche der venösen Klappen (Fig. 3 bis 8.).

Das seröse Blatt des Herzbeutels stimmt mit andern serösen Blättern überein, das fibröse Blatt mit den gewöhnlichen fibrösen Häuten.

— 1 1 1 Elastische Bündel. 2 Bindegewebe mit kleinen verästelten und meistens kernhaltigen Zellen.

Fig. 12. Eine Partie dieses Gewebes in 500facher Vergrösserung. — 1 1 Elastische Bündel. 2 2 2 Verästelte kernhaltige Zellen.

Fig. 13. Verästelte kernhaltige Zellen vom fibrösen Ringe im *Sulcus* eines Kalbsherzens.

Fig. 14. Pflasterepithelium vom *Endocardium*.

Das Muskelgewebe wird in der Allgem. Physiologie näher besprochen. Wir bemerken hier blos, dass die Anastomosen der Muskelbündel des Herzens, welche *Kölliker* vor einiger Zeit entdeckt hat (Mikroskop. Anatomie. II. 1. S. 209) schon von *Leeuwenhoek* gekannt und abgebildet wurden (*Virchow*), dann aber wiederum in Vergessenheit geriethen.

Ueber das fibröse Gewebe des Herzens s. *Donders* in *Nederl. Lancet, 3e Ser. I. p.* 354., über das *Endocardium* s. *Luschka* im Archiv f. pathol. Anat. Bd. 4. S. 171. Letzterer bildet die Gefässe in den venösen Klappen ab, welche durch's *Perimysium* in's *Endocardium* treten. — Bemerkung verdient es auch, dass alle Klappen auf jener Fläche, welche beim Schluss der Klappe dem drükkenden Blute gegenüber steht, mit einer dickeren Schicht elastischen Gewebes versehen sind.

Das Visceralblatt des Herzbeutels, welches im Bau mit andern serösen Häuten übereinstimmt, hat unter dem *Epithelium* eine structurlose Schicht, auf welche dann Schichten dünner elastischer Fasern folgen, welche mit einem schwer zu trennenden Bindegewebe abwechseln. In dem subserösen Gewebe sind die elastischen Fasern dicker, aber sparsamer. Das leicht zu trennende Bindegewebe ist hier mehrfach mit einer dicken Fettlage versehen (Fig. 3 bis 6. *f*), innerhalb deren an den Vorhöfen schon Muskelbündel auftreten. Wo Fett in dem subserösen Gewebe liegt, da ist die eigentliche *serosa* dünner. Das *Perimysium* setzt den Herzbeutel mit dem *Endocardium* in Verbindung.

§ 9. Zusammenziehung und Erschlaffung am blosgelegten Herzen.

Hat man bei einem warmblütigen Thiere das Herz blosgelegt, so bemerkt man ohne Weiteres die rhythmischen Zusammenziehungen desselben. Eine genaue Betrachtung lehrt, dass bei jedem Rhythmus zunächst die beiden stark ausgedehnten Vorhöfe sich zusammenziehen und gleich darauf die beiden Kammern, welche erst durch die Contraction der Vorhöfe stark ausgedehnt wurden, dass ferner die Vorhöfe sowohl wie die Kammern einen Augenblick im contrahirten Zustande verharren, dass weiterhin beide Vorhöfe und etwas später auch beide Kammern wiederum erschlaffen, und dass beide auch einen Augenblick in dieser Erschlaffung verharren. Der Zustand der Contraction wird Systole genannt, Diastole aber der Zustand der Ausdehnung. Den Zeitraum, während dessen die Vorhöfe und die Kammern ausgedehnt bleiben, bezeichnet man auch wohl als die Pause.

Die Erschlaffung der Vorhöfe hält etwas länger an als bei den Kammern, dagegen dauert die Systole der Kammern länger als jene der Vorhöfe. An den Vorhöfen beginnt die Contraction an der Einmündung der Venen und setzt sich rasch bis zu den Ventrikeln fort; in den Kammern dagegen scheint die Zusammenziehung auf einmal überall anzufangen. Bei der Diastole erscheint das Herz dunkler, namentlich aber die Vorhöfe. Dies rührt von dem in der Höhle enthaltenen Blute her, und am rechten Herzen ist es besonders deutlich, woran ebensowohl die Farbe des Bluts als die Dünn-

heit der Muskelwände schuld ist. Das Blut in der Muskelsubstanz des Herzens kann darauf nicht von Einfluss sein; wenigstens kann bei den Contractionen nicht viel Blut ausfliessen, da die *Valvula Thebesii* schliesst. Auch scheinen Klappen in den *Arteriae coronariae* das Zurückfliessen des Bluts zu verhindern.

Bei angeborner *Ectopia cordis*, beim Menschen sowohl als bei Thieren, hat man die nämlichen Erscheinungen unmittelbar wahrzunehmen Gelegenheit, ohne dass man künstlicher Vorkehrungen bedarf.

Bei kaltblütigen Thieren, z. B. Fröschen, kann man die Contractionen bequem beobachten, da die Herzthätigkeit nach Eröffnung des Brustkastens sehr lange anhält und da auch die Herzbewegungen langsam auf einander folgen. Nicht so gut gelingt dies bei warmblütigen Thieren, z. B. bei Kaninchen, deren Herzschlag ungemein schnell ist. Man betäubt zunächst das Thier, indem man einige Tropfen *Laudanum* mit Wasser in die Jugularvene spritzt, nach *Ludwig's* Methode, die bei vielen Vivisectionen passt; man sägt hierauf das *Sternum* nach *Fick* der Länge nach durch, zieht die beiden Brustkastenhälften aus einander, unterbindet die *Arteriae mammariae* und nimmt soviel als nöthig von den Rippen weg, wobei man den *Pectoralis major* und *Serratus magnus* schont. Dabei muss möglichst aller Blutverlust vermieden werden, weil die Herzthätigkeit darunter leidet. Um diese nun einige Zeit hindurch wahrnehmen zu können, muss das Athmen durch die Luftröhre künstlich unterhalten werden; man braucht nur in kurzen Zwischenräumen Luft in die Lungen zu blasen, denn die Elasticität der Lungen wirkt schon als Exspirator. Will man die Herzthätigkeit und namentlich die Formveränderungen des Herzens genau studiren, dann ist es oftmals gut, wenn man vorher beide *Vagi* isolirt, um durch deren Reizung den Herzschlag, wenn man will, verlangsamen zu können. *Ludwig*, der diese Methode genau beschreibt (Zeitschr. f. rat. Medizin. Bd. 7. S. 215), giebt den Katzen für diese Versuche den Vorzug, weil deren Brustkasten sehr beweglich ist und weil bei ihnen der Blutverlust wenig zu schaffen macht, selbst weniger als bei Kaninchen. — Ist es blos darum zu thun, die Herzthätigkeit auf ein paar Augenblicke wahrzunehmen, so genügt es, das Thier durch einen Schlag auf den Kopf zu betäuben und ihm dann unmittelbar die Brust zu öffnen.

Harvey hat die Contractionsverhältnisse des Herzens schon genau beschrieben: *Duo sunt eodem tempore motus, unus auricularum, alter ipsorum ventriculorum, qui simul non fiunt; sed praecedit motus auricularum et subsequitur cordis, ut motus ab auriculis incipere et in ventriculos progredi videatur.* Nichts desto weniger hat sich seit *Haller* lange Zeit hindurch die unwahre Annahme Geltung verschafft, die Contraction der Vorhöfe und der Kammern wechselten mit einander ab, d. h. während der Systole der Kammern befänden sich die Vorhöfe in der Diastole und umgekehrt. Jetzt sind die Physiologen über den Rhythmus der Herzthätigkeit einig und es ist desshalb überflüssig, auf die Beschreibung der verschiedenen Beobachter näher einzugehen. *Skoda* ist zwar so ziemlich zu *Haller's* Auffassung zurückgekehrt (Ueber die Function der Kammern des Herzens u. s. w., S. 11 in den Sitzungsberichten der mathem. naturwiss. Classe der Kais. Ak. d. Wissensch. Bd. 11). Er ist aber von *Wachsmuth* (Zeitsch. f. rat. Med. N. F. Bd. 4) nach unserem Erachten vollständig widerlegt worden.

Einige Male hat sich die Gelegenheit dargeboten, die Contractionen des Herzens bei der angebornen *Ectopia cordis* zu beobachten. Bereits *Martinez* (*Observatio rara de corde in monstroso infantulo. Matriti* 1723) hat einen solchen Fall mitgetheilt; neuere derartige Beobachtungen sind von *Monod, Cruveilhier* und *Follin* (*Gaz. méd. de Paris* 1842. *p.* 497 und 1850. *p.* 629), von *Mitchell* (Jahresbericht in *Müller's* Archiv 1846. CXL), von *Hering* (Zeitschr.

f. phys. Heilkunde 1850. Bd. 9. S. 13). *Hering's* Fall betrifft ein Kalb. Am genauesten ist die Beschreibung von *Monod* und *Cruveilhier*. *Follin's* Schilderung ist etwas abweichend; die Herzschläge folgten aber etwas langsam auf einander und das Kind hatte nur 3 bis 4 Male geathmet.

Verengerungen am Ursprunge der Aestchen der *Arteriae coronariae*, so wie auch dort vorkommende mehr oder weniger vollkommene Klappen hat *Bourgery* beschrieben und abgebildet (*Anatomie descriptive ou physiologique. T.* 4. *p.* 28. *Planche* 13. *Fig.* 8 *et* 9.). Bereits *Lancisi* spricht davon.

§ 10. Formveränderung des Herzens bei der Systole.

Während der Systole bekommt das Herz eine bestimmte Form, welche von jener während der Diastole verschieden ist. Zuvörderst verkürzt es sich etwas in der Längsaxe; zweitens wird es schmaler von rechts nach links, zumal am untern Theile der Kammern; drittens wird es in der Richtung von vorn nach hinten dicker. Die erste und die zweite Formveränderung lassen sich leicht beobachten und sind schon lange Zeit bekannt, die dritte dagegen ist erst durch *Ludwig's* Untersuchungen sicher festgestellt worden. Sie steht nach ihm im Zusammenhange mit der Formveränderung an der Basis des Herzens. Im erschlafften Zustande nämlich hat die Herzbasis die Form einer Ellipse mit dem grossen Durchmesser von rechts nach links, mit dem kleinen Durchmesser von vorn nach hinten. Durch die Contraction bekommt die Basis eine kreisförmige Gestalt: der quere Durchmesser wird viel kleiner, der andere Durchmesser aber grösser, obwohl der Umfang der Basis wegen Verkleinerung der Höhlen abnimmt.

Die Formveränderung des Herzens bei der Systole ist eine Folge der Muskelcontraction. Dem erschlafften Herzen kann man eine sehr verschiedenartige Form geben; bei der Contraction aber bekommt es die bestimmte Form eines Kegels mit runder Basis.

Schwer fällt es, eine genaue Beschreibung des Rhythmus zu geben und der Formveränderungen, welche bei jeder Zusammenziehung des Herzens erfolgen; weit leichter ist es, bei einem Thiere mit geöffneter Brusthöhle durch Anschauung sich eine gute Vorstellung davon zu bilden. Eine Zunahme des Durchmessers von vorn nach hinten konnten wir, selbst ohne Eröffnung der Brusthöhle, durch das Zwerchfell hindurch fühlen, wenn wir die vordere und hintere Fläche zwischen zwei Finger fassten. Bereits *Skoda* (Percussion und Auskultation. 4te. Aufl. 1850. S. 153) und *Arnold* (Handb. d. Anat. II. 1. S. 437) haben diese Formveränderung vermuthet. Auf klug berechnete Art hat *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7. S. 203) bei einigen 20 Katzen in horizontaler Lagerung genauere Untersuchung angestellt und Zahlen gegeben, aus denen man eine Zunahme dieses Durchmessers um $^1/_{10}$ bis $^1/_4$ erkennt, während der quere Durchmesser von 28 auf 22,5 Millim. sich verringerte. Die Folge davon ist, dass die Herzbasis während der Systole ungefähr eine sphärische Gestalt bekommt statt der elliptischen während der Diastole. *Ludwig* macht ferner darauf aufmerksam, dass das Herz während der Diastole eine Form an-

nimmt, die nach der Art und Weise wie es liegt oder hängt, verschiedenartig ausfallen kann, während es bei der Systole immer nach einer bestimmten Form strebt mit cirkelförmiger Basis und kegelförmigen Ventrikeln. Dies findet in gleicher Weise statt, wenn auch das Herz ausgeschnitten und blutleer ist; es muss demnach in der Muskelwirkung begründet sein, deren genaue Analyse noch nicht möglich ist. Es versteht sich aber wohl, dass die gemeinschaftlichen Muskelbündel beider Kammern und beider Vorhöfe zu einer simultanen Contraction der Vorhöfe und der Kammern führen muss, dass die Ursprünge der Muskelbündel an den *Ostia venosa* und *arteriosa* als feste Punkte zu betrachten sind, welche die Wirkung der Muskelfasern bestimmen, dass die oberflächlichen, in verschiedener Richtung das Herz umgebenden Schichten eine ziemlich gleichmässige Verengerung herbeiführen können, dass endlich durch eine von allen Seiten gleichmässige Wirkung der verschiedenen Muskelbündel die elliptische Basis eine kreisförmige Gestalt annehmen muss u. s. w. Ueber alles dieses ist *Ludwig* a. a. O. nachzulesen.

§ 11. Ortsveränderung des Herzens durch die Drehung um seine Quer- und Längsaxe.

Nach Eröffnung des Brustkastens sowohl als bei angeborner *Ectopia cordis* bemerkt man, dass das Herz bei seiner lebendigen Contraction zugleich eine schwache relative Ortsveränderung erleidet: es dreht sich um seine Queraxe und um seine Längsaxe.

In Folge der Drehung um die Queraxe erheben sich die Kammern und besonders die Herzspitze etwas nach vorn. Die Ursache hiervon findet *Ludwig* in der Formveränderung. Nach ihm bildet die Axe des Herzens während der Diastole einen stumpfen Winkel auf der elliptischen Basis, bei der Systole dagegen kommt die Längsaxe rechtwinklig zu dieser Basis zu stehen, die ja jetzt kreisrund geworden ist.

Die Drehung um die Längsaxe fällt geringer aus und ihr Vorkommen wird von Manchen ganz bezweifelt. Im Zustande der Ruhe liegt der grössere Theil der rechten Kammer nach vorn, der grössere Theil der linken Kammer nach hinten. Bei der Systole nun dreht sich das Herz nach *Kürschner* dargestellt von links nach rechts um seine Längsaxe, dass beide Kammer zugleich nach vorn liegen und die Furche zwischen beiden auf die Medianlinie fällt; dabei aber wird sich die Herzspitze etwas von links nach rechts bewegen. Diese Drehung um die Längsaxe erklärt *Kürschner* aus der Richtung des Blutstromes: das Herz nehme immer jene Richtung an, welche die Blutströmungen besitzen. Er hat es unternommen, dies ebenfalls durch Leichenexperimente nachzuweisen, wobei durch verschiedene Gefässe Flüssigkeiten ins Herz getrieben wurden. Dieser Erklärung ist aber um so mehr zu misstrauen, da das Factum selbst nicht ganz bewiesen ist.

Die Drehung um die Queraxe erklärte *Kürschner* (Art. Herz und Herzthätigkeit in *Wagner's* Handwörterbuch, Bd. 2. S. 89) folgendermassen. Das Herz sei an den grossen Gefässen in einer bestimmten Stellung aufgehangen; durch die Kraft des bei der Diastole einströmenden Blutes wende sich die Herzspitze mehr nach hinten, bei der Austreibung des Bluts in der Systole höre aber diese Ursache auf und desshalb bewege sich die Herzspitze wiederum nach vorn. Er suchte einen experimentellen Beweis dafür zu liefern. War das Herz durch ein Gegengewicht in einer bestimmten Lage befestigt, so nahm er wahr, dass dessen Spitze, wenn Flüssigkeit durch die Venen eingetrieben wurde, nach hinten sich wendete, und dass dieselbe in die frühere Stellung zurückkehrte, sobald die eingespritzte Flüssigkeit wiederum aufgesaugt wurde. Die vorausgehende Bewegung nach hinten wird bei dieser Erklärung als Grund der Vorwärtsbewegung angesehen. Da nun aber, wie wir weiterhin sehen werden, bei geschlossenem Brustkasten diese Bewegung nach hinten nicht vorkommt, so kann auch *Kürschner's* Erklärung nicht gelten. — *Ludwig's* Erklärung (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 7. S. 202), mit welcher auch *Volkmann* einverstanden ist, hat mehr für sich. Er fand nämlich, dass diese Hebelbewegung am ausgeschnittenen Herzen um so deutlicher hervortritt, je grösser der nach der Herzspitze gerichtete Winkel ist, welchen die Basis des Herzens mit der Fläche bildet, auf welcher letzteres ruht. In jedem Falle kommt die Axe bei der Contraction lothrecht auf die Basis.

§ 12. Lagerung des Herzens zu den Lungen beim Ein- und Ausathmen.

Bei den Untersuchungen über den Herzstoss ist man bisweilen von der Vorstellung ausgegangen, das Herz, an den grossen Pulsadern aufgehängt, könne in der Brusthöhle eine schaukelnde Bewegung ausführen. Erwägt man aber, dass dasselbe von allen Seiten, und zwar zunächst von den Lungen eingeschlossen wird, so ist es klar, dass eine solche schaukelnde Bewegung nicht wohl vorkommen kann. Nicht minder ist auch die Ansicht von *Kiwisch* unstatthaft, welcher glaubt, das Herz stütze sich fortwährend mit einem grossen Theile auf die vordere Brustwand.

Es ist aber sehr wichtig, dass man sich über die Lage des Herzens zu den angrenzenden Theilen eine richtige Vorstellung macht. Beim Erwachsenen befindet sich die Basis des Herzens rechts hinter dem Körper des Brustbeins und den Knorpeln der 5. u. 6. Rippe, die Spitze dagegen links in dem Raume zwischen 5. u. 6. Rippe, an der Grenze des knöchernen und knorpligen Rippentheils. Es wird vom Herzbeutel umschlossen, der zwar weiter ist als das Herz, dessen innere Flächen jedoch im normalen Zustande immer auf einander liegen, insoweit das Herz den Herzbeutel nicht ausfüllt. In pathologischen Fällen kann der Raum auch zum Theil durch ausgespritzte Flüssigkeit eingenommen werden. Der Herzbeutel ist nur nach unten innig verwachsen und zwar mit dem sehnigen Theile des Zwerchfells; sonst wird er von den *Laminae mediastini* begrenzt, welche von der Vorderfläche der Brust abgehen. Der Ur-

sprung dieser Blätter geht nach unten und links; nach oben und unten divergiren sie von der Brustwand aus, bevor sie einander erreichen. Ueberall laufen sie aber einander nach hinten und innen entgegen, und erst von da an, wo sie sich erreichen, liegt der vordere Umfang des Herzbeutels zwischen ihnen. Letzterer liegt daher nirgends mit seiner Vorderfläche an der Brustwand, und es kann geschehen, dass die vordern Ränder beider Lungen sich zwischen den Herzbeutel und die Brustwand einschieben. Dass dieses beim tiefen Einathmen statt findet, davon kann man sich überzeugen, wenn man an einem lebenden Thiere (Kaninchen) oder an einer Leiche die durchscheinende *Pleura costalis* in den Rippenzwischenräumen bloslegt und Luft einbläst, oder wenn man auch nur das gewöhnliche Athemholen bei Thieren beobachtet. Beim Ausathmen liegt dann das Herz wirklich mit einem grossen Theile seiner Vorderfläche an der Brustwand an, wie man es auch bei Leichen findet, wenn die Luftröhre unterbunden und dann erst die Brust geöffnet wird. Beim tiefen Einathmen hingegen wird das Herz von den vordern Rändern beider Lungen bedeckt, was sich auch durch die Percussion deutlich zu erkennen giebt, und es befindet sich im hintersten Theile des Herzbeutels, der nach vorn eine kleine Falte bildet. Nur so ist es möglich, dass die Beziehung des Herzens zu den grossen Gefässen und zur Lungenwurzel, ungeachtet der starken Wölbung des Brustkastens unverändert bleibt. Bei der gleichmässigen Ausdehnung der Lungenbläschen müssen sich die Lungen nach vorn schieben, wie beim Mechanismus des Athemholens näher aus einander gesetzt werden soll. Nur jener Theil des Herzens, welcher auf dem Zwerchfelle ruht, bleibt ganz an seiner Stelle, weil sich hier keine andern Theile dazwischen schieben und der Herzbeutel sich auch nicht in Falten legen kann. Beim Herabsteigen des Zwerchfells während der Inspiration wird das Herz aber kaum seinen Platz verändern, weil jener Senkung durch das Heben der Rippen, an denen das Zwerchfell sitzt, etwa das Gleichgewicht gehalten werden mag.

Die Stellung des Körpers übt ebenfalls einigen Einfluss auf das Verhalten der Lungen zum Herzen. Bei der Rückenlage stützt sich das Herz auf den hintern Theil der Lungen, und wenn nach Eröffnung der Brusthöhle die Lungen aufgeblasen werden, sieht man dann auch, wie sich das Herz nach vorn hebt. Es sinkt das Herz bei der Rückenlage, indem es auf die Lungen drückt, etwas nach hinten, während seine vordere Fläche in entsprechendem

Maase desto mehr durch die vorderen Ränder der Lungen gedeckt wird.

Bei Thieren kann man sich sehr leicht davon überzeugen, dass bei jeder Inspiration die Lungen sich mehr vor den Herzbeutel schieben und das Herz von der Brustwand entfernter halten. Beim lebenden Thiere ist die *Pleura* sehr durchscheinend; legt man sie mit Vorsicht blos, so dass keine Luft in die Pleurahöhle dringt, dann gewahrt man dies schon auf's Deutlichste beim gewöhnlichen Ein- und Ausathmen. An der Leiche dehnen sich die Lungen beim Aufblasen mehr nach unten als nach vorn aus, weil das Zwerchfell leichter nach unten gedrückt wird, als dass sich die Brust hebt, und desshalb ist jenes Verhältniss an Leichen nicht so deutlich wahrzunehmen. Wird indessen, um den Mechanismus der Respiration besser nachzuahmen, die Brustwand durch Haken zugleich nach vorn und oben gezogen, dann nimmt man das Nämliche wahr wie bei Thieren. Verwachsungen der *Pleura costalis* und *pulmonalis*, wie sie beim Menschen so häufig gefunden werden, können hier hinderlich sein. Dies lässt sich erfolgreich auf pathologische Fälle anwenden. (*Donders* in *Nederl. Lancet.* 3e *Serie* I. 615.) — Die Lage der verschiedenen Theile des Herzens hat *Jos. Meyer* (Archiv f. path. Anat. Bd. 3. S. 265) genau bestimmt, indem er vor Eröffnung des Brustkastens mehrfache Nadeln einstach und dann untersuchte, welche Herztheile getroffen waren.

§ 13. Herzstoss.

Bei vielen Menschen fühlt man, wenn das Herz sich contrahirt, meistens zwischen der 5. u. 6. Rippe den sogenannten Herzstoss, nämlich eine Erschütterung der Brustwand und ein Anstossen gegen den in den Rippenzwischenraum gedrückten Finger. Häufig genügt es schon, die platte Hand in dieser Strecke aufzulegen, um den Herzschlag zu fühlen. Das Ohr empfindet ihn als einen mehr oder weniger starken Stoss, nicht selten mit deutlicher Hebung verbunden. Bei magern Individuen bemerkt man bisweilen auch ein Hervortreten des Rippenzwischenraumes, oder wenigstens ein schwaches Gehobenwerden des aufgedrückten Fingers. Bei Bewegung und Kraftanstrengung wird der Herzstoss kräftiger, weil die Contractionen des Herzens kräftiger werden. Ob die stärkeren Herzschläge, die nach manchen Gemüthsaufregungen sich zeigen, auch durch kraftvollere Contractionen bedingt sind, das ist noch nicht entschieden. Einen sehr starken Herzschlag spürt man an sich selbst, auch ohne dass man die Hand auf die Brust legt.

Der Werth des Herzstosses für die Diagnose der Herzkrankheiten hat vielfache Untersuchungen über seine Bedeutung und seine Ursachen veranlasst. Allein bei den meisten sogenannten Theorien hat man übersehen, dass das Herz bei seinen Contractionen kaum nach vorn bewegt wird, und dass es schon an der Brustwand anliegen muss, wenn durch jene ein Herzstoss entstehen soll. *Kiwisch* hat mit Recht hierauf hingewiesen.

Bei tiefer Inspiration, wenn Herz und Pleuren sich im normalen Zustande befinden, liegt das Herz nicht an der Brustwand an, und dem ist es zuzuschreiben, dass der Herzstoss alsdann nicht gefühlt wird. Bei der Rückenlage sinkt das Herz zurück, beim Liegen auf der Brust fällt es nach vorn; desshalb ist im erstern Falle der Herzstoss weniger deutlich oder auch gar nicht wahrzunehmen, während er im andern Falle deutlicher und stärker gefühlt wird.

Eine erste Bedingung zum Entstehen des Herzstosses ist es also, dass das Herz sich auf die Brustwand stützt. Es entsteht nun die Frage, ob der Anstoss während der Systole oder während der Diastole erfolgt; ferner dann, welcher Herztheil anstösst und wodurch die Vorwärtsbewegung dieses Herztheils herbeigeführt wird.

Zuvörderst steht es fest, dass der Herzstoss der Systole des Herzens entspricht. Er fällt mit dem ersten Herztone und mit dem Pulse der Schlagadern zusammen; man bekommt einen ähnlichen Stoss durch die Zusammenziehung des Herzens, sobald man den Finger unmittelbar auf das Herz oder in der Bauchhöhle aufs Zwerchfell legt; man kann selbst bei Kaninchen durch die *Pleura costalis* und den Herzbeutel hindurch die Contractionen des Herzens sehen und dabei den Herzstoss wahrnehmen.

Zweitens ist es bewiesen, dass der Herzstoss da gefühlt wird, wo die Spitze des Herzens liegt, oder wenigstens ein der Herzspitze genäherter Theil, namentlich im normalen Zustande links zwischen fünfter und sechster Rippe, unterhalb und rechts von der Brustwarze.

Hieraus folgt nun, dass der Herzstoss von einem Vorwärtstreiben der Herzspitze herrührt, welche während der Diastole nur an dem Rippenzwischenraume anliegt und bei der Systole in diesen Raum gedrückt wird. Man hat verschiedenartige Ursachen dieses Verhaltens angegeben oder verschiedene Theorien des Herzstosses aufgestellt. Wir geben mit *Volkmann* der *Ludwig*'schen Erklärung den Vorzug. Nehmen wir mit *Ludwig* an, dass bei der Diastole die Längsaxe des Herzens an der Basis einen stumpfen Winkel nach hinten bildet, dass aber diese Axe bei der Contraction senkrecht auf die Basis zu stehen kommt, so wird die Herzspitze den Rippenzwischenraum, worauf sie sich stüzt, etwas nach vorn bewegen und der dort aufgelegte Finger wird sich heben. Eine fühlbare Erschütterung der Brustwand kann schon dadurch entstehen, dass die Dicke des Herzens von vorn nach hinten zunimmt. Zu einem Gehobenwerden des Rippenzwischenraumes kann es aber dadurch nicht wohl

kommen, wenn derselbe nicht etwa mittelst des Fingers eingedrückt wurde, weil der Körper des Herzens gleichzeitig auf mehreren Rippenknorpeln aufliegt; ein solches ist eher von der Herzspitze zu erwarten. Bei vielen Individuen hat die Längsaxe des Herzens mit dem Verlaufe des Raumes zwischen dem fünften und sechsten Rippenknorpel ziemlich gleiche Richtung, und da das Herz bei der Systole sich verschmälert, so kann es dann in den weiteren Rippenzwischenraum nach vorn drängen. Wenn also bei manchen Individuen der Herzstoss sich nicht durch eine Hebung kund giebt, so kann dies auch mit davon herrühren, dass die Herzspitze einer Rippe und nicht einem Rippenzwischenraume entspricht. Aber auch die Richtung des Rippenzwischenraumes ist nicht ohne Einfluss darauf.

Joh. Müller (Physiologie Bd. 1. S. 166) warnte bereits vor der Vorstellung, als ob sich das Herz bei jeder Diastole von der Brustwand entfernte; er bemerkte, dass das Herz seine Lage nur wenig zu verändern brauchte, um mittelst des der Brustwand zugekehrten spitzen Endes den Herzstoss zu bewirken. Das erstere wurde nun umständlich von *Kiwisch* (Prager Vierteljahrsschr. Bd. 9. S. 143) nachgewiesen. Derselbe thut dar, dass das Herz bei der Diastole sich nicht von der Brustwand entfernt, weil ein luftleerer Raum hier nicht vorkommen kann, und wir müssen noch hinzufügen, weil die Lungen den entstehenden leeren Raum nicht schnell genug auszufüllen im Stande wären. Kann es nun aber bei der Diastole zu keinem Wegrücken kommen, dann ist auch ein eigentliches Anschlagen ausgeschlossen; der sogenannte Herzstoss muss demnach einerseits auf ein Vorschieben in einen Rippenzwischenraum, andererseits auf eine Erschütterung der Brustwand zurückgeführt werden, welche durch das rasch sich contrahirende, aber immer anliegende Herz zu Stande kommt.

Beim tiefen Inspiriren, sahen wir, treten die Lungen vor das Herz. Ist es nun Bedingung für das Entstehen des Herzstosses, dass das Herz an der Brustwand anliegt, so muss der Herzstoss in jenem Falle fehlen. Dies verhält sich nun auch wirklich so bei normalem Zustande der Theile, obwohl der Puls dabei kräftig schlägt.

Durch die Respiration kann die Stelle, an welcher man den Herzstoss fühlt, sich etwas ändern. Angenommen, die Erhebung der Rippen und die Abplattung des Zwerchfells hielten sich beim Einathmen das Gleichgewicht, so dass das Herz ungefähr in gleicher Höhe verbliebe, so werden sich die Rippen dennoch dabei vor das Herz hinschieben; es wird demnach begreiflich, wenn der Herzstoss beim tiefen Inspiriren an oder unter der sechsten Rippe, beim tiefen Exspiriren zwischen der vierten und fünften Rippe gefühlt wird, wie es *Williams* (Lond. med. Gaz. 1838. p. 692) gefunden hat. *Kiwisch* (a. a. O. S. 153) macht ebenfalls auf die Verschiebung aufmerksam, welche das Herz in Beziehung zu den Rippen erfährt. Wir führten aber schon an, dass bei normalem Zustande des Herzens und der Pleuren der Herzstoss beim tiefen Inspiriren nicht wahrnehmbar ist, wenigstens nicht gefühlt werden kann; demnach lässt sich diese Verschiebung bei Gesunden kaum feststellen.

Die Annahme von *Pigeaux*, *Stokes*, *Burdach*, *Beau*, welcher vorübergehend auch *Corrigan* zugethan war, und welche später auch noch von *de Martino* (*L'Ateneo di Napoli. Aprile* 1847. *p*. 216), von *Cartwright* (*Lancet* 1852. *Nov. and Dec.* und *Monthly Journ. of med. Sc.* 1854. *Vol.* 9. *p*. 189) und andern vertheidigt worden ist, als werde der Herzstoss bei der Diastole der Kammern in Folge der Ausdehnung wahrgenommen, bedarf nach dem, was oben mitge-

theilt wurde, keiner weiteren Widerlegung. Entscheidend hierüber ist schon die Bemerkung *Joh. Müller's*, man fühle bei der Zusammenziehung der Kammern mittelst der auf das entblösste Herz gelegten Hand einen so kräftigen und augenblicklichen Stoss, dass man nothwendig den Herzstoss davon ableiten müsse, bei der Diastole dagegen bemerke man gar keine Erschütterung. Es wird dieser Stoss an der ganzen vordern und hintern Fläche des Herzens wahrgenommen, selbst durch das Zwerchfell hindurch; er beruht auf der schnellen Zusammenziehung und den damit gepaarten Formveränderungen des Herzens. *Kiwisch* (a. a. O. S. 149) nimmt desshalb auch an, der Körper des Herzens bringe den Herzstoss hervor, indem jener sich mehr kegelförmig gestaltete und härter würde. Denn wenn er bei einem lebenden Thiere an dem Orte des Herzstosses eine Nadel einstach, traf er immer die freie Wand der rechten Kammer, bald näher der Spitze, bald entfernter davon, niemals aber bestimmt die Spitze selbst; er giebt jedoch nicht an, wie weit entfernt von der Spitze der Einstichspunkt lag. Sicherlich wird wohl die ganze Oberfläche der Brustwand, an welche das Herz stösst, gleich dem unmittelbar auf dem Herzen ruhenden Finger einige Erschütterung erleiden, und es wird auch wohl dadurch zu einer mässigen Erhebung kommen können, da die Rippenzwischenräume nach innen gewölbt sind und nun abgeplattet werden. Allein die sehr merkbare Auftreibung oder Auswölbung, welche man bei vielen Menschen zwischen der fünften und sechsten Rippe deutlich wahrnimmt, scheint uns nur davon herrühren zu können, dass die Herzspitze sich dazwischen drängt. Bei Hunden und Kaninchen correspondirt die Herzspitze dieser Stelle. Auch haben uns Leichenexperimente, wobei wir das Herz durch's Zwerchfell gegen die Brustwand andrückten, in unserer Meinung bestärkt. Zu den Bedingungen der deutlichen Auswölbung gehört auch noch, dass die Richtung des Rippenzwischenraums der Axe der Kammern einigermaasen entspricht; eine horizontale Richtung dieses Raumes, dergleichen wir bei breiter, kurzer Form des Brustkastens fanden, behindert diese Auswölbung.

Die verschiedenen sogenannten Theorieen des Herzstosses von *Senac*, *Bouillaud*, *Gutbrod*, *Gendrin*, *Heine*, *Kürschner* sind überall zu finden und wir übergehen sie mit Stillschweigen. *Skoda* sowohl, welcher sich zumeist an die *Gutbrod*'sche Theorie hält (Rückstoss des Blutes gegen das Herz in einer den *Ostia arteriosa* entgegengesetzten Richtung, wie bei einem abgeschossenen Gewehre), als auch *Kiwisch*, dessen Ansicht oben mitgetheilt worden ist, haben diese Theorieen einer ausführlichen Kritik unterworfen. Wir halten dies für überflüssig. Hat man den Herzstoss am lebenden entblössten Herzen unmittelbar durch den Finger oder durch eine Zwischenlage hindurch wahrgenommen, auch dann, wenn das Herz ganz ausgeschnitten ist, so dass blos noch dessen Contraction in Betracht kommen kann, so wird man zu solchen künstlichen Erklärungen, die man als Theorieen bezeichnet hat, nicht länger seine Zuflucht nehmen, sondern sich davon überzeugt halten, dass in der Muskelwirkung selbst der Herzstoss begründet ist.

Vor Allem aus kommen dabei in Betracht die Formveränderung, die Vergrösserung, namentlich des Durchmessers von vorn nach hinten, auf welche bereits von *Oesterreicher*, *Skoda*, *Arnold*, *Kiwisch* und Andern hingewiesen und die durch *Ludwig* bestimmter hervorgehoben wurde, ferner dann auch die Neigung des Herzens, mit seiner Axe sich senkrecht auf die kreisförmig gewordene Basis zu stellen. Vergl. auch *Volkmann* a. a. O. S. 361. Wir übersehen jedoch nicht, dass das Herz durch Verlängerung der grossen Pulsadern bei seinen Zusammenziehungen auch etwas nach unten verschoben wird, wovon wir uns bei einem Hunde durch einen Rippenzwischenraum und den Herzbeutel hindurch aufs Bestimmteste überzeugten. Dass die Sache beim Menschen sich ebenso verhält, das wird durch eine Beobachtung *Skoda's* bei einem Kinde ohne Brustbein mindestens sehr wahrscheinlich gemacht. Indessen ist dies nur von geringer Bedeutung für den Herzstoss.

Die verschiedene Dicke der Wandungen beider Kammern hat *Levié* (*Nederl. Lancet IV.* S. 1. und 121) als Ursache des Herzstosses betrachten wollen. Bei sehr jungen Kindern, wo die beiden Kammern sich nur noch wenig unter-

scheiden, sei der Herzstoss schwach oder gar nicht zu fühlen; auch sprächen pathologische Zustände zu Gunsten dieser Annahme. Die verschiednne Dicke der beiderlei Wandungen ist aber gewiss nicht die unmittelbare Ursache, wenn auch vielleicht eine Bedingung des Herzstosses, insofern die Veränderung der Form und Richtung der Kammern damit im Zusammenhange steht.

§ 14. Die Herzklappen.

Das durch die Venen zugeführte Blut tritt in die erschlafften Vorhöfe und ein Theil desselben gelangt sogleich in die Kammern. Bei der Contraction der Vorhöfe dehnen sich die Kammern stärker aus und füllen sich mehr mit Blut; gleich darauf ziehen sie sich aber zusammen und treiben das Blut in die Arterien.

Um diese Bewegung ordentlich zu verstehen, müssen wir die Klappen näher betrachten, durch welche die Rückkehr des Bluts aus den Kammern in die Vorhöfe und ebenso aus den Arterien in die Kammern gehindert wird. Dem ersteren Zwecke dienen die *Valvulae venosae*, nämlich die *Valvula bicuspidalis s. mitralis* an dem linken *Ostium venosum*, die *Valvula tricuspidalis* am rechten *Ostium venosum;* der letztgenannte Zweck wird durch die *Valvulae semilunares* der beiden *Ostia arteriosa* erfüllt.

Die Basis der dreieckigen Zipfel der *Valvulae venosae* (Fig. 3 und 4 *b*) entspringt von den fibrösen Ringen (*a*) der *Ostia atrioventricularia*, ausgenommen den grössten Zipfel der *Valvula mitralis* (Fig. 8 *d*), welcher von der Wandung der *Aorta* ausgeht (*c*). Die *bicuspidalis* besteht aus zwei durch tiefe Einschnitte gesonderten dreieckigen Zipfeln, zwischen denen noch mehr oder weniger deutliche, kleine Nebenzipfel vorkommen. Die *mitralis* besteht aus dünneren und kleineren Zipfeln, deren man allgemein drei annimmt; dieselben sind aber nicht so deutlich durch tiefe Einschnitte gesondert, und man könnte oftmals mit gleichem Rechte zwei Hauptzipfel mit kleineren Nebenzipfeln oder auch vier Hauptzipfel annehmen. Die Regelmässigkeit und Unregelmässigkeit der *Valvulae venosae* wiederholt sich an den *Musculi papillares*. Diese erheben sich, regelmässig zu zwei, gegenüber den beiden Einschnitten, wodurch die Zipfel der *mitralis* von einander getrennt werden; dagegen sind jene, welche für die *Valvula tricuspidalis* bestimmt sind, unregelmässig vertheilt, dabei auch kleiner, dünner und weniger hervorragend. Nur rechterseits kommen sie auch am *Septum* vor; doch erheben sie sich hier kaum über die Oberfläche.

Nach der gewöhnlichen Beschreibung gehen sehnige Fädchen

von den *Valvulae venosae* aus, die sich mittelbar oder unmittelbar an den Warzenmuskeln verlieren. Diese Fädchen entspringen aber von einer häutigen, zum Theil isolirten Ausbreitung, so dass jeder Zipfel an seiner der Kammer entsprechenden Fläche mehrfache kleine Zipfel entsendet und jedes Fädchen in gewisser Beziehung seine eigene Klappe hat. Die verschiedenen Schichten indessen legen sich schnell an einander, und damit hängt es zusammen, dass die *Valvulae venosae* nach dem festsitzenden Rande hin dicker werden. Der freie Rand der Klappen ist nur eine Ausbreitung der feinsten Fädchen, der sogenannten tertiären, welche von den grösseren Fäden der zweiten Ordnung entspringen. Letztere entspringen an jeder Klappe von zwei den Einschnitten gegenüber befindlichen Papillarmuskeln und an der Kammerfläche der Klappen laufen sie im Bogen einander entgegen. Die dicksten Fäden oder jene der ersten Ordnung verlaufen ganz isolirt an der Ventrikularfläche der Klappen, sind oftmals bis zur Herzfurche hin deutlich und dienen hier zum Theil wieder unmittelbar Muskelfasern der Kammern zum Ursprunge. Jene in der Nähe des *Limbus cordis* entspringenden Muskelfasern verhalten sich nicht selten wie kleine Papillarmuskeln.

Die *Valvulae semilunares* (Fig. 5. 6 u. 8*b*) entspringen wie drei an einander grenzende Taschen aus dem Faserringe der *Ostia arteriosa* und erheben sich gegenüber den *Sinus Valsalvae*. Jede Tasche zusammen mit dem zugehörigen *Sinus* bildet eine nach oben offene rundliche Höhle, die mit einer Wagentasche zu vergleichen ist, deren Aussenwand durch die Häute des *Sinus Valsalvae*, deren Innenwand durch die dünne Klappenmembran gebildet wird, während der Faserring zur Seite und nach unten begrenzt. In der Mitte des freien Randes, der etwas verdickt ist, befinden sich kleine, etwas erhabene Knötchen, welche am linken Herzen als *Noduli Arantii*, am rechten Herzen als *Noduli Morgagni* bezeichnet werden. Diese Knötchen sind oftmals nur wenig entwickelt, sie fehlen manchmal bei jüngeren Leuten und bei Thieren trifft man sie auch nicht an.

Das Gewebe der verschiedenen Klappen stimmt ganz mit jenem der fibrösen Ringe überein (§ 7 u. Fig. 11 u. 12), und es setzt sich aus diesem fort. Es bildet die mittlere Schicht der Klappen, die in der *mitralis* dicker ist als in der *tricuspidalis*. Auf beiden Seiten befindet sich eine elastische Lage auf der mittleren Schicht, und diese stimmt mit dem *Endocardium* überein; an allen Klappen ist sie auf jener Seite am dicksten, welche, wenn die Klappen durch den

Blutdruck schliessen, dem drückenden Blute gegenüber liegt: an den *Valvulae venosae* auf der Vorhofsfläche, an den *Valvulae arteriosae* auf der Ventricularfläche. Die mittlere Schicht der Klappen ist nur wenig elastisch, und das Nämliche gilt auch von den sehnigen Fäden, welche zwischen den *Valvulae venosae* und den *Musculi papillares* ausgespannt sind; dafür ist aber jene Schicht durch grosse Festigkeit ausgezeichnet.

Die *Valvulae venosae* und deren sehnige Fäden haben *Kürschner* (*Wagner's* Handwörterbuch, Artikel Herz) und *Parchappe* (*Du coeur. Paris* 1844. *p.* 15 und 31) am genauesten beschrieben. Man vergleiche aber auch *Weber* (*Hildebrandt's* Anat. Bd. 3. S. 150), *Reid* (*Todd's Cyclop. Vol.* 2. *p.* 588) und *Donders* (*Nederl. Lancet. 3e Ser.* I. *p.* 541). Ueber die *Valvulae semilunares* sind *Reid* (a. a. O.) und *Retzius* (*Müller's* Archiv, 1843. S. 14) nachzusehen. Nach *Kürschner* sollen aus den fibrösen Ringen der *Ostia venosa* einige Muskelbündel entspringen und an die venösen Klappen treten, denen er eine grosse physiologische Bedeutung beilegt. Wir haben dieselben nirgends in den venösen Klappen auffinden können, auch nicht im hintersten Zipfel der *tricuspidalis*, wo sie *Baumgarten* (*Müller's* Archiv, 1843. S. 464) als Fortsetzung der innersten Schichten der *Musculi pectinati* gefunden haben will.

§ 15. Die Blutbewegung im Herzen und die Function der Klappen.

Während das ganze Herz sich in der Systole befindet, häuft sich das Blut in den Venen der Brusthöhle an. Es steht hier unter einem bestimmten Drucke, der von verschiedenen Ursachen bedingt wird, und sobald die active Zusammenziehung der Vorhöfe aufhört, werden sie desshalb durch das einströmende Blut ausgedehnt. Bei der vorausgehenden Contraction der Kammern wurden die *Valvulae venosae* durch die Verkürzung der Papillarmuskeln nach unten gezogen; daher sind die *Ostia venosa* bei der Diastole der Vorhöfe bereits geöffnet und das Blut kann durch den hohlen Cylinder, den sie bilden, sogleich bis in die Tiefe der Kammern gelangen. Wenn nun die Contraction der Papillarmuskeln mit jener der ganzen Kammern nachlässt, so hängen die *Valvulae venosae* wiederum schlaff nach unten, sie werden vom Blute umspült und bekommen dadurch schon eine Neigung, sich nach den *Ostia venosa* zu erheben. — Das Blut, welches beim Aufhören der Systole in die Kranzarterien eindringt, scheint eine schwache active Ausdehnung des Herzens, zumal der Kammern zu bewirken. Auch steht die Aussenfläche des Herzens, weil es in der Brusthöhle liegt, unter einem negativen Drucke, und seine Wände müssen so schon einigermassen dem Blute nachgeben, welches unter einem sehr geringen Drucke zuströmt. Aber erst bei der Zusammenziehung der Vorhöfe füllen

die Kammern sich stärker an. Es geht diese Zusammenziehung von den Venenmündungen aus und das Blut wird nach den zur Zeit erschlafften Ventrikeln hingetrieben, welche sich durch die Kraft des einströmenden Blutes stärker ausdehnen und füllen. Ein geringer Theil des Blutes indessen kehrt auch in die Venenstämme zurück, ohne dass sich diese geringe negative Wirkung bis zu den Venen ausserhalb des Brustkastens deutlich fortzupflanzen vermag. Die grosse Herzvene bleibt dabei durch die *Valvula Thebesii* geschlossen.

Sind die Kammern bis zum höchsten Grade ausgedehnt, dann contrahiren sie sich sogleich mit grosser Kraft. Das Blut wird hierdurch einem Drucke ausgesetzt, und dieses drängt nun die Zipfel der *Valvula mitralis* (Fig. 15) und der *Valvula tricuspidalis* (Fig. 16) gegen einander, während gleichzeitig die sehnigen Fäden, wodurch sie mit den Papillarmuskeln zusammenhängen, ihr Umschlagen in die Vorhöfe hinein verhindern oder sie selbst nach unten festhalten. Dadurch ist dem Blute die Rückkehr in die Vorhöfe abgeschnitten.



Fig. 15.

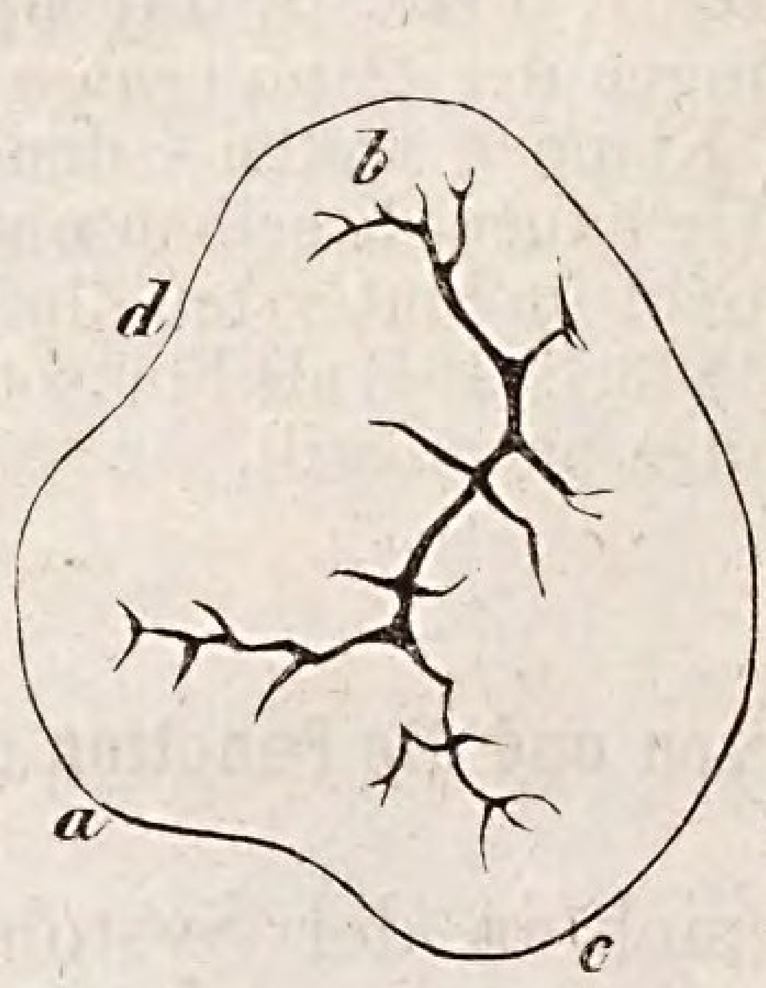


Fig. 16.

Gleichzeitig öffnen sich nun aber auch die *Valvulae semilunares,* weil das Blut in den sich contrahirenden Kammern einem grösseren Drucke unterliegt als in den Arterien; das Blut wird demnach in die letzteren getrieben und als Blutwelle fortgepflanzt.

In dem Maase, als die Kammern sich entleeren, werden die *Valvulae venosae* durch die noch immer zusammengezogenen Papillarmuskeln tiefer in dieselben herabgezogen, und aus der linken Kammer kann vielleicht die letzte Blutquantität zwischen der herabgezogenen Klappe und dem *Septum ventriculorum* in die Arterienmündung fortgedrängt werden. Zugleich fliesst nun aber das Blut schon wieder aus den Vorhöfen durch den cylinderförmigen Kanal der geöffneten *Valvulae venosae* in die Tiefe der Kammern hinein. — Ist das Blut aus den Ventrikeln in die Arterienstämme getrieben worden, so schliessen sich die *Valvulae sigmoideae,* weil sie jetzt

Fig. 15. Schluss der *Valvula mitralis* nach *Valentin.* — *a* Rechts. *b* Hinten und rechts. *c* Hinten und links.

Fig. 16. Schluss der *Valvula tricuspidalis* nach *Valentin.* — *a* Vorn und rechts. *b* Hinten und rechts. *b* *Septum ventriculorum.* *d* Rechter Rand des Herzens.

vom Herzen her einem geringeren Drucke unterliegen, als das Blut in den Arterien auf sie ausübt. Der Mechanismus dieses Schlusses erhellt deutlich genug aus der Form dieser Klappen. Sobald nämlich der Druck auf die Arterienfläche dieser Klappen überwiegt, füllen die Taschen sich ganz mit Blut und drängen so gegen einander (Fig. 17) dass die sich berührenden Wände in eine Fläche zu liegen kommen, die Knötchen der drei Klappen aber in der Mitte der Arterie an einander stossen.



Fig. 17.

Mehrere in diesem § besprochene Punkte verdienen noch eine nähere Prüfung, nämlich die Bedeutung der Vorhofscontraction, die Wirkung der *Valvulae venosae* und ebenso die Wirkung der *Valvulae arteriosae*.

I. Bei der Zusammenziehung der Vorhöfe tritt etwas Blut in die Venen zurück. Die Menge dieses zurücktretenden Blutes ist aber nur gering, und dafür giebt es mehrere Gründe: nach *Baumgarten* haben die Muskelbündel an der Einmündung der Venenstämme eine kreisförmige Anordnung, sodann schreitet die Contraction in der Richtung nach dem *Ostium venosum* fort, ferner auch ist dieselbe keine ganz vollkommene und sie hat wahrscheinlich nur eine unbedeutende Erhöhung des Seitendrucks zur Folge. Doch darf man desshalb noch nicht mit *Hamernjk* (Prager Vierteljahrsschr. 1847. Bd. 4. S. 146) die Wirksamkeit der Vorhöfe ausser Acht lassen, als wären es nur unbedeutende *Acceleratores* des Blutlaufs, und man darf auch nicht mit *Frey* (Zeitschr. f. phys. Heilk. 1846. Bd. 5. S. 522) glauben, die Vorhöfe trügen desshalb nichts dazu bei, das Blut in die Kammern zu treiben, weil man keinen sogenannten Venenpuls wahrnimmt. Auch können wir uns die verlockende Ansicht *Skoda's* (Ueber die Function der Vorkammern des Herzens u. s. w. Wien 1853) nicht aneignen, die Vorhöfe hätten blos den Zweck, zu allen Zeiten, also auch während der Zusammenziehung der Kammern, das zuströmende Blut regelmässig aufzunehmen, was er aus der Abwesenheit aller systolischen Erscheinungen an den *Venae jugulares* bei der normalen Herzthätigkeit folgert. Denn es lehrt die Beobachtung deutlich, dass Kammern und Vorkammern sich nicht abwechselnd contrahiren, sondern immer gleichzeitig eine Zeit hindurch zusammengezogen bleiben, und damit scheint uns *Skoda's* Annahme unverträglich zu sein, die auch von *Wachsmuth* (Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 4. S. 182) bekämpft worden ist. — Ganz deutlich beobachtet man eine plötzliche stärkere Ausdehnung der Kammern in dem Momente, wo sich die Vorhöfe contrahiren, so dass an dem Einflusse dieser letzteren auf jene Ausdehnung nicht zu zweifeln ist, und sicherlich fehlt auch der *Pulsus venarum*, welchen *Haller* schon kannte, nicht gänzlich in der Nähe des Herzens. — Wegen des Blutaustritts aus beiden Hohlvenen in den rechten Vorhof verdient noch die Bemerkung von *Retzius* (*Müller's* Archiv, 1835. S. 161) Erwähnung, dass die Richtung der beiden Blutströme durch das *Tuberculum Loweri* so abgeändert wird, dass sie nicht auf einander treffen.

II. Bei der Blutbewegung durchs Herz ist die Wirkung der *Valvulae venosae* am schwierigsten zu erklären. Bei den Untersuchungen der Comité's von Dublin und von London stellte es sich mit Sicherheit heraus, dass bei der Contraction der Kammern keine erwähnenswerthe Blutmenge in die Vorhöfe zurückfliesst: jede Theorie über den Mechanismus der *Valvulae venosae* muss daher von einem solchen Zurückfliessen Abstand nehmen. *Kürschner* nahm Muskelfasern in den *Valvulae venosae* an: diese sollten, unmittelbar vor der

Fig. 17. Schluss der *Valvulae semilunares* nach *Valentin*. — *a b c* Berührungslinien zweier Klappenränder. *d* Die an einander stossenden Knötchen der Klappen.

Contraction der Kammern, die Klappen bis zum *Limbus cordis* in die Höhe ziehen, und so könnten nun die um das *Ostium venosum* aufgerollten Klappen bei der Contraction der Kammern sich sogleich in eine fast horizontale Fläche verschieben, ohne dass eine erhebliche Blutmenge in die Vorhöfe zurückzutreten vermöchte. Diese Erklärung fällt aber desshalb dahin, weil jene Muskelfasern fehlen.

Zwei unter einander etwas abweichende Ansichten sind dann noch aufgestellt worden: die eine von *Baumgarten* (*Diss. de mechanismo, quo Valvulae venosae cordis clauduntur. Marb.* 1843. *Müller's* Archiv, 1843. S. 463) und von *E. H. Weber* (Prager Vierteljahrsschr. 1848. Bd. 3. S. 105); die andere von *Reid*. Die ersteren nehmen an, die Kammer contrahire sich noch nicht unmittelbar, sobald sie durch das aus den Vorhöfen einströmende Blut ausgedehnt worden ist, sondern es mache sich zuerst eine kurze Zeit lang ihre Elasticität geltend, welche kräftig genug wirkt, um die *Valvulae venosae*, welche bereits die Neigung haben, in dem umspielenden Blute sich zu erheben, aufwärts zu drängen, ohne dass hierdurch das Blut in die Vorhöfe selbst zurückgedrängt wird. Folgt nun die Contraction der Kammern, so haben die Klappen alsdann schon eine solche Lagerung, dass sie unmittelbar das *Ostium venosum* ganz abschliessen und dadurch den Rücktritt des Bluts in die Vorhöfe abschneiden. *Baumgarten* sah die *Valvulae venosae* sich dergestalt schliessen, dass beim Umkehren des Herzens kein Wasser ausfloss, wenn ein fusshoher Wasserstrahl in die Kammer gegossen wurde. Diese Kraft stellt er der Wirkung der Vorhöfe gleich, welche der Contraction der Kammern um einen Augenblick vorangeht.

Reid will sich davon überzeugt haben, dass die *Valvulae venosae* durch den Druck des Blutes während der Contraction der Kammern nicht nach oben getrieben werden, dass vielmehr ein kegelförmiger, den Vorhöfen angehöriger Raum zwischen ihnen sich bildet. Zugleich mit den Kammern contrahiren sich die Papillarmuskeln nach *Reid* und nach dem *Londoner Comité*, und es werden sich desshalb auch die *Valvulae venosae* in der genannten Form einander unmittelbar nähern. Insbesondere spricht hierfür der Umstand, dass der Finger, welcher in den Vorhof eines noch lebenden Thiers eingebracht wird, kein Zurückschlagen der *Valvulae venosae* wahrnimmt. Klar genug ist es aber, dass die Zipfel der *Valvulae venosae* durch die Contraction der Papillarmuskeln sich einander nähern müssen, weil von den einander entsprechenden Seiten zweier Zipfel die sehnigen Fäden sich nach dem nämlichen Papillarmuskel begeben. (*Allen Thompson* in *Todd's Cycl., Vol.* 1. *p.* 656. — *Bouillaud, Maladies du Coeur*, 1835. *T.* 1. — *Mayo, Outlines of Physiology. 2d Ed.* 1829.) — Zwar bleibt bei dieser Ansicht ein Theil des Blutes im kegelförmigen Raume der Klappen zurück. Da aber der Schluss bei dieser Stellung der Klappen zu Stande kommt, so wird jenes Blut nicht mit Kraft in die Vorhöfe zurückgestossen.

Die Wahl zwischen diesen beiden Annahmen ist keine leichte. Mit Recht hat *Baumgarten* auf das geringe specifische Gewicht der Klappen hingewiesen, vermöge dessen sie leicht nach oben steigen werden, da sie ja fortwährend auf beiden Seiten mit dem Blute in Berührung sein müssen. Dass sie unter verhältnismässig sehr kleinen hydrostatischen Gewichten schliessen, ergiebt sich aus *Valentin's* Untersuchungen. Indessen scheint der Druck auf beiden Flächen ganz gleich zu bleiben, so lange sich die Kammer nicht contrahirt. *Baumgarten* gedenkt des Versuches, dass die Klappe durch Eingiessen von Wasser sich schliesst; ein wesentlicher Punkt verhält sich aber hierbei anders als am lebenden Herzen, es fehlt nämlich der contrahirte Vorhof über der venösen Mündung, wodurch der Rückschlag des Blutes gehindert werden kann. Uebrigens scheint nun aber auch die Contraction der Kammern jener der Vorhöfe so unmittelbar nachzufolgen, dass wir *Weber's* elastischen Rückstoss zwischen der Contraction der Kammern und der Vorhöfe, wodurch sich die Klappen schliessen sollen, bezweifeln müssen. — Wir neigen desshalb mehr zu der Annahme *Reid's* hin. Verschwinden die Papillarmuskeln schon zu Anfang der Contraction fast ganz in der Fleischsubstanz des Herzens, so müssen auch die Ränder der Klappen nach unten und gegen einan-

der gezogen werden, und kommt hierzu noch ein Druck des Blutes gegen die Ventrikularfläche der Klappen, so muss als Resultirende dieser beiden Kräfte ein vollkommener Schluss mit einer kegelförmigen Höhle nach oben, also auch ohne Regurgitation in die Vorhöfe entstehen. Wir denken uns, durch die Contraction der Papillarmuskeln und den gleichzeitigen Druck des Blutes auf die Ventrikularfläche der Klappen werde der *Limbus cordis* etwas nach unten und innen gezogen, und die mehr kegelförmige Gestaltung, welche das Herz während der Contraction annimmt, sei darin mitbegründet. Diess vornehmlich muss zu einiger Verengerung der *Ostia venosa* beitragen, und das Schliessen der Klappen mit kegelförmiger Höhlung nach oben muss dadurch leichter zu Stande kommen. Wie einflussreich der innige Zusammenhang der *Valvulae venosae* mit den Ventrikeln hierbei ist (s. § 7), das stellt sich klar genug heraus.

III. Der Mechanismus der *Valvulae sigmoideae* ist an sich selbst leicht zu verstehen, einige Schwierigkeit jedoch bietet das Verhalten zum Ursprunge der *Arteriae coronariae cordis*. Nach *Brücke* (Sitzungsberichte der K. Akad. zu Wien. Math. naturw. Kl. Nov. 1854) sollen die offen stehenden *Valvulae semilunares* die Oeffnungen der Kranzarterien ganz verdecken: demnach soll, nachdem die Contraction des Herzens vorüber ist, das Herz und zumal die Kammern eine active Ausdehnung erfahren, dadurch dass das Blut in die Kranzarterien eindringt. Stände das Blut in der Substanz des Herzens während seiner Contractionen unter einem hohen Drucke, dann müsste umgekehrt dieser Druck den Herzcontractionen in den Weg treten. *Hyrtl* ist dieser Annahme *Brücke's* alsbald entgegen getreten (Ebendas. Dec. 1854); seine Gründe indessen sind, zum Theil wenigstens, weiterhin von *Brücke* widerlegt worden. (Der Verschluss der Kranzschlagadern durch die Aortenklappen. Wien 1855.) Wir glaubten uns früher davon überzeugt zu haben, dass der Puls der Kranzschlagadern mit der Systole zusammenfällt, und konnten uns recht wohl denken, dass bei starker Arterienausdehnung die *Sinus Valsalvae* nicht ganz durch die Klappen abgeschlossen würden, vielmehr das darin enthaltene Blut mit jenem der *Aorta* auch während der Kammersystole in Gemeinschaft blieb. Es fehlte uns an Zeit, um ein näheres eigenes Urtheil über *Brücke's* interessante Beobachtungen zu gewinnen. Soviel ist aber sicher, dass durch die Contraction des Herzens das Blut in seinem Muskelfleische sich etwas vermindern wird, und dass ebenso bei der Diastole das reichlicher eindringende Blut eine active Ausdehnung bewirken wird, — eine werthvolle Beobachtung, die wir *Brücke's* Scharfsinn verdanken. Die Suction des Herzens während der Diastole, welche *von Weyrich* (*De cordis adspiratione experimenta. Dorp.* 1853) unter *Bidder's* Leitung wiederum wahrgenommen hat, kann darin ihre Erklärung finden.

Die active Ausdehnung des Herzens, zumal der Kammern, durch den Blutdruck in den Kranzpulsadern wird auch dann nicht gänzlich fehlen, wenn *Hyrtl's* Behauptung begründet ist, dass die Mündungen der Kranzpulsadern während der Kammersystole nicht verschlossen werden. Die Blutmenge in den Kranzpulsadern mag durch die Diastole des Herzens vermehrt oder vermindert werden, jedenfalls wird, sobald die Systole zu Ende ist, durch den Blutdruck darin eine Tendenz zur activen Contraction des Herzens entstehen müssen. Es ist eine Erscheinung, die durchaus mit der Ausdehnung der Darmzotten durch den Blutdruck nach jeder Contraction verglichen werden kann.

Sobald der Druck, welchen das Herz auf die *Valvulae semilunares* ausübt, geringer wird als der Druck des Blutes in der *Aorta* und in den *Sinus Valsalvae*, füllen sich die Taschen und drängen auf genannte Weise gegen einander. Verharrt die Kammer nach dem Austreiben des Bluts noch einen Augenblick in der Systole, so wird beim Geschlossensein dieser Klappen nicht leicht Blut in die Kammer zurück können. (*Reid* in *Todd's Cyclop. Vol.* 2. *p.* 602. — *Retzius* in *Müller's* Archiv, 1843. S. 14. — *Hamernjk* in der Prager Vierteljahrsschr. 1847. Bd. 4. S. 162.)

§ 16. Herztöne.

Wird das Ohr in der Herzgegend aufgelegt, so hört man bei jedem Herzrhythmus zwei Töne, die sogenannten Herztöne. Der

erste Ton fällt mit dem Herzstosse und dem Arterienpulse zusammen, er ist dumpf, dauert aber bis zum zweiten Tone fort. Der zweite Ton ist hell, etwas klappend oder klatschend und kurz. Es folgt nun ein Zeitmoment, wo nichts gehört wird, die Pause. Scheinbar liegt ein viel kleinerer Zeitraum zwischen dem ersten und zweiten Tone, als zwischen dem zweiten Tone und dem ersten Tone des folgenden Rhythmus. Die genauen Ermittelungen über die Dauer lehren aber, dass der Unterschied nur gering ist und machen es wahrscheinlich, dass beide Töne mit den Zeiträumen, in denen der Blutdruck in den Arterien steigt und wieder abnimmt, übereinstimmen. Der erste Ton hält so lange an, als die Systole der Kammern welcher er entspricht; der zweite kurze Ton fällt mit dem Anfange der Diastole zusammen.

Der erste Ton ist am deutlichsten zwischen der 4. und 6. Rippe, der zweite Ton unter der 3. Rippe und im dritten Rippenzwischenraume, und zwar an beiden Stellen zunächst dem Rande des Brustbeins. Bei Männern sind die Töne heller als bei Frauen, bei Mageren heller als bei Gutgenährten; dumpfer und schwächer hört man sie bei bejahrten Individuen.

Ungeachtet so vielfacher Untersuchungen sind doch die Ursachen der Herztöne noch nicht ganz aufgeklärt. Bei jeder Erklärung muss man davon ausgehen, dass der erste Herzton bleibend gehört wird, so lange die Zusammenziehung der Kammern fortdauert, der zweite helle und ganz kurze Ton aber unmittelbar nach der Systole in die Wahrnehmung fällt. Dem ersten Tone entsprechen also: Herzstoss, Schliessung der *Valvulae venosae*, Offenstehen der *Valvulae arteriosae*, Bewegung des Blutes unter hohem Drucke in den Kammern, endlich auch vermehrter Druck des Blutes in den Pulsadern nebst erhöhter Spannung der Wände derselben. Dem zweiten Tone entsprechen: Uebertritt des Blutes aus den Vorhöfen in die Kammern, Schliessung der *Valvulae sigmoideae*. Fast alle genannten Momente hat man für die Erklärung der Herztöne geltend gemacht.

Den ersten Ton hört man auch noch, nachdem die Brustwand entfernt worden ist; der Herzstoss kann also gewiss nicht seine alleinige Ursache sein, wenn er auch zur Verstärkung des ersten Tones beitragen mag. Man hat behauptet, er sei noch gleichgut zu hören, wenn auch die Schliessung und die Spannung der *Valvulae venosae* durch Einführen des Fingers ins linke *Ostium venosum* und durchs Zusammendrücken des rechten *Ostium venosum*

unmöglich gemacht wird. Er soll ferner auch noch gehört werden, wenn das Herz ausgeschnitten wurde, wodurch der Einfluss des Blutes und des Blutdruckes nothwendig aufgehoben ist; desshalb hat man angenommen, die Muskelzusammenziehung selbst, die auch in anderen Muskeln mit einem Geräusche sich verknüpfen kann, sei, wenn auch nicht die einzige, doch eine Mitursache des ersten Herztones. Damit hat man es auch in Verbindung gebracht, dass der Ton während der ganzen Dauer der Systole anhält. Hiergegen lässt sich nun aber einwenden, dass durch den Herzstoss leicht ein Geräusch in dem bei solchen Versuchen auf das Herz stützenden Stethoscope entsteht, und darum ist man ziemlich allgemein von der Annahme eines Muskelgeräusches abgekommen. Wir glauben mit Anderen, dass ein Erzittern der *Valvulae venosae* im Zustande der starken Spannung das meiste zur Erzeugung des ersten Tones beiträgt, ja ihn vielleicht ganz allein hervorruft. Beweis dafür sind die Erzitterungen, welche der auf den *Valvulae venosae* ruhende Finger wahrnimmt, die Veränderungen des ersten Tones durch pathologische Veränderungen dieser Klappen, und der eigenthümliche Klang dieses Tones, dessen Höhe oder Schwingungszahl *Küchenmeister* sogar bestimmt hat.

Ueber die Ursache des zweiten Tones ist man weniger im Ungewissen. Es ist experimentell bewiesen, dass der zweite Ton aufhört, sobald die *Valvulae semilunares* zerstört oder durchschnitten werden, dass er, nicht aber der erste Ton verschwindet, wenn die Arterienstämme getrennt werden, dass er, auch am entblössten Herzen, dem Anfange der Pulsadern gegenüber am deutlichsten ist, dass endlich das plötzliche Schliessen der *Valvulae sigmoideae* unter einem gewissen Drucke einen ähnlichen Ton zur Folge hat. Wir haben somit allen Grund anzunehmen, dass der zweite Ton durch das plötzliche Schliessen der *Valvulae sigmoideae* am Ende der Systole entsteht. Damit stimmt es, dass dieser Ton so kurz ist, weil man kein längeres bedeutendes Schwirren dieser Klappen annehmen darf, und dass er in dem erwähnten Zeitmomente gehört wird.

Jedermann kennt die Herztöne; man hört sie als ein deutliches *Tik-tak*, sobald das Ohr in der Herzgegend auf die Brust aufgelegt wird. Wenn die Zeitdauer vom ersten Tone bis zum zweiten scheinbar kürzer ist, als die Zeitdauer vom zweiten Tone bis zum ersten, so rührt dies nach *Volkmann* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3. S. 321) davon her, dass der zweite Ton klappend und kurz ist: mit Hülfe eines Perpendikels, dessen Schwingungen er mit den beiderlei Zeiträumen und weiterhin zur Controlle mit der Summe beider, also mit dem gesammten Rhythmus in Einklang brachte, erhielt er aus 9 Versuchen das Resultat, dass diese Zeiten sich wie 96 : 100 zu einander verhalten. Aus der glei-

chen Dauer des zunehmenden und abnehmenden Drucks in den dem Herzen nahen Arterien zieht er auch den Schluss, dass Systole und Diastole die gleiche Dauer haben. (Hämodynamik S. 363.) — Die Herstellung eines Perpendikels für die Abstände der beiden Töne kam uns sehr schwierig vor, so dass wir für die von uns gefundenen Zahlen nicht ganz einstehen mögen; wir fanden aber wenigstens einen grösseren Unterschied als *Volkmann*. *Ludwig* und *Hoffa* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9. S. 107) liessen mit einem zweckmässigen Apparate die Bewegungen des Herzens unmittelbar durch das Kymographion zeichnen, wodurch die Dauer der Systole zuverlässiger angegeben wird als durch die Bewegungen der Arterie; sie fanden ebenfalls die Systole immer kürzer als die Diastole. Ebenso ermittelt auch *Vierordt* (Die Lehre vom Arterienpulse. 1855. S. 174 u. 183) durch seinen Sphygmographen, dass die Expansion der Arterie eine etwas kürzere Dauer hat als deren Contraction. Aus dem Angeführten erhellt soviel, dass der erste Herzton und die Systole der Kammern eine wenn anch nicht ganz gleiche, doch ziemlich gleiche Dauer haben. Auf die scheinbare Dauer der Töne scheint es nicht ohne Einfluss zu sein, ob man am Körper des Herzens oder gegenüber den *Ostia arteriosa* auscultirt. Wenigstens hörte *Rapp* den ersten Ton lang, den zweiten aber kurz, also einen *Trochaeus* —◡, wenn er das Stethoskop in der Gegend der 5. bis 7. Rippe aufsetzte, und er hörte den ersten Ton kurz und den zweiten lang, also einen *Jambus* ◡—, wenn das Instrument auf dem Sternalende der dritten Rippe stand. (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 8. S. 151). Der Grund dafür würde darin zu suchen sein, dass ein an einer bestimmten Stelle weniger deutlich gehörter Ton auch eine kürzere Dauer zu haben scheint. *Schmidt* (*Verslag omtrent de ziekten van het hart enz. Rotterd.* 1853. *p.* 3) giebt auch an, dass der kurze Ton über den Kammern mit dem ersten Herztone, über den Arterien mit dem zweiten Herztone zusammentrifft.

Die Herztöne waren *Harvey* nicht ganz unbekannt; aber erst mit *Laënnec* (*De l'auscultation médiate. Paris* 1819) beginnt ihr genaueres Studium, als man ihre Bedeutung für die Diagnose der Herzkrankheiten erkannt hatte. *Laënnec* hatte aber eine falsche Vorstellung vom Rhythmus der Herzthätigkeit und desshalb gab er auch eine unrichtige Erklärung der Herztöne. *Turner* (*Med. chir. Transactions. Edinb.* 1828) hat wohl zuerst nachgewiesen, dass der erste Ton mit der Contraction der Kammern, der zweite mit dem Anfange der Diastole zusammenfällt. Die Annahme, dass der Herzstoss, also auch der erste Ton mit der Diastole der Kammern zusammentreffe, fand nur wenige Anhänger (S. § 13).

Verschiedene Ansichten sind über die Ursachen der Herztöne laut geworden. *Magendie* liess den ersten Ton vom Herzstosse herrühren, weil derselbe nach Eröffnung des Brustkastens fehlen sollte: — dieses Factum ist aber von allen Seiten bestritten worden, und im Herzen selbst muss dieser Ton, wenn er auch durch den Herzstoss verstärkt wird, gesucht werden. Weiterhin wollte man die Schliessung der *Valvulae venosae*, die Eröffnung der *Valvulae semilunares*, die Reibung des Blutes an der Innenfläche des Herzens und der Arterien geltend machen, ohne aber dafür genügende Beweise beizubringen. Den experimentellen Weg schlug zuerst *Williams* ein (*Pathology and Diagnosis of the Diseases of the Chest. 3e Ed.* 1835.) Brachte er einen Finger durch das *Ostium venosum* in die linke Kammer und drückte zugleich auf die rechte Kammer, so dass die Blutzufuhr in beide Kammern behindert wurde, so dauerten dennoch die Contractionen kräftig fort, zumal bei Reizung des Herzens, und der erste Ton wurde immer noch deutlich gehört, wenn auch nicht so hell, als bei den Contractionen des bluterfüllten Herzens. Das Nämliche zeigte sich, wenn beide Arterien vom Herzen getrennt waren. Weil inzwischen auf das mit einer starken Muskelcontraction zusammentreffende Geräusch aufmerksam gemacht worden war, so kam *Williams* auf den Gedanken, der erste Ton möge durch die Contraction der Kammern entstehen. Diese Resultate von *Williams* wurden von mehreren Seiten her bestätigt, insbesondere von den in Dublin und in London für die Untersuchung der Herztöne niedergesetzten Commissionen. (*Transactions of British scientific Assoc. Vol.* 6. 1837.) Das Londoner Comité bemerkt aber ausdrücklich, es sei der Herzstoss als eine Nebenursache des ersten Herz-

tones anzusehen, die im Zustande der Ruhe, bei Rückenlage (und wir fügen noch hinzu nach etwas tieferem Einathmen) allerdings wenig zu bedeuten habe, unter den entgegengesetzten Umständen aber nicht wenig zur Verstärkung beitrage. — Ohne Zweifel muss aber auch eine Betheiligung der *Valvulae venosae* (weniger ein Schliessen, als eine Schwingung im gespannten Zustande) angenommen werden, welche von *Hamernjk*, desgleichen auch von *Kiwisch* (Verhandlungen der phys. med. Ges. in Würzburg. Bd. 1. S. 6) und *Nega* (*Casper's* Wochenschrift. 1851. Nr. 42 u. 43) hervorgehoben worden ist. Ein freilich schwaches Erzittern nahmen auch die Mitglieder der Londoner Commission durch die Finger wahr. Auch sind wohl von gespannten Membranen am ehesten regelmässige Schwingungen zu erwarten. Wären dergleichen nicht vorhanden, so würde *Küchenmeister* (*Froriep's* Tagesberichte. 1851. Nr. 308. S. 215) wohl nicht im Stande gewesen sein, festzustellen, dass die beiden Herztöne zur untersten Bassoctave gehören und beim Menschen im normalen Zustande eine kleine Terz aus einander liegen: für den ersten Ton nämlich fand er *dis* bis *g*, für den zweiten *fis* bis *b*.

Hat *Kiwisch* Recht, wenn er behauptet, das Muskelgeräusch beruhe auf einer akustischen Täuschung, es entstehe nur in dem Rohre des Stethoskops durch den einwirkenden Stoss, woran *Bouillaud* und *Reid* auch schon gedacht haben, dann wird der erste Ton nur von einem Schwingen der *Valvulae venosae* ausgehen und durch den Herzstoss verstärkt werden. Es gewinnt diese Ansicht in der letzten Zeit immer mehr Anhänger.

Durch *Carswell* darauf hingelenkt, hat zuerst *Rouanet* (*Journ. hebdom.* 1830. Nr. 97) den zweiten Ton von einem plötzlichen Schliessen der *Valvulae sigmoideae* am Ende der Systole abgeleitet. Diese Ansicht ist weiterhin allgemein angenommen worden, nachdem sie *Williams* zuerst experimentell geprüft hatte. Dieser überzeugte sich, dass der zweite Ton am Ursprunge der grossen Arterien, der erste dagegen an den Kammern am stärksten gehört wird, dass ein Druck auf die beiden Pulsadern den zweiten Ton aufhebt, dass ferner dieser zweite Ton verschwindet, wenn das Schliessen dieser halbmondförmigen Klappen durch eine eingeführte Pincette oder eine durchgestochene krumme Nadel behindert wird, aber auf der Stelle wieder auftritt, wenn die Pincette oder die Nadel entfernt werden. So hörte es *Hope* deutlich bei diesen Versuchen. Das Dubliner Comité, dem *Williams* ebenfalls angehörte, wiederholte diese Versuche mit ganz gleichem Erfolge. Der zweite Ton pflanzt sich auch weit in die Arterien fort, was beim ersten nicht so der Fall ist.

§ 17. Einfluss des Respirationsdruckes auf die Ausdehnung und Zusammenziehung des Herzens.

Der Ausdehnung (Diastole) des Herzens, bei welcher das Herz selbst sich passiv verhält, liegen mehrfache Ursachen zu Grunde. Zuvörderst wird das Venenblut unter einem gewissen Drucke zum Herzen zurückgeführt, und dieser Druck ist, wie weiterhin erhellen wird, zum grösseren Theil als *Vis a tergo* anzusehen, er geht vom Arterienblute aus. — Dazu kommt, für die Kammern wenigstens, die Elasticität der Herzsubstanz, welche sich alsbald geltend machen muss, so wie die Muskelfasern des Herzens erschlaffen. Während der Contraction hat das Herz eine Form angenommen, die zu dem erschlafften Zustande nicht passt. Das sieht man ganz deutlich an ausgeschnittenen Herzen, die nach der Entleerung des Blutes doch noch eine Zeit lang nach jeder Contraction sich

wiederum ausdehnen. — Sodann kommt hauptsächlich der geringere Druck auf die Aussenfläche des Herzens in Betracht. Die elastischen Lungen nämlich widersetzen sich der inspirirten Luft und tragen einen Theil des atmosphärischen Luftdrucks, so dass dieser Antheil weder auf das Herz, noch auf die andern in der Brusthöhle liegenden Organe wirkt. Je mehr die Lungen sich ausdehnen, um so grösser wird der elastische Widerstand, und um so mehr nimmt auch der Druck auf das Herz ab. Hierdurch vornehmlich wird mittelbar eine Saugkraft des Herzens erzeugt, welche auf das Blut der Hohlvenen sowohl als der Lungenvenen wirkt, deren Capillarsystem auswendig unter dem vollen Drucke der in den Lungenbläschen enthaltenen Luft steht. — Endlich hat *Brücke* noch auf eine active Ausdehnung des Herzens durch das in die Kranzschlagadern dringende Blut aufmerksam gemacht, wodurch mehr unmittelbar eine Saugkraft zu Stande kommen kann.

Die Modificationen des auf die Aussenfläche des Herzens stattfindenden Drucks üben einen erheblichen Einfluss auf dessen Zusammenziehung. Ist jener Druck gering, dann erfolgt die Ausdehnung mit Leichtigkeit, die Contractionen aber geschehen weniger kräftig und langsamer. Man bemerkt diess beim ganz tiefen Inspiriren, indem schon während des Einathmens die Herzschläge an Raschheit und Kraft verlieren. — Ein starker Luftdruck auf das Herz erschwert dessen Ausdehnung, macht die Contractionen zuerst frequenter und hebt sie bald ganz auf. Wird nach einer tiefen Einathmung die Luft in den Lungen durch die Expirationsmuskeln comprimirt, so kann dadurch ein solcher Druck auf das Herz ausgeübt werden, dass sich dasselbe gar nicht oder nur wenig auszudehnen vermag. Die Rückkehr des Venenbluts in die Brusthöhle wird dadurch erschwert und es häuft sich ausserhalb der Brusthöhle an, wie man am Halse und Gesichte wahrnimmt. Die erschwerte Rückkehr, verbunden mit dem stärkeren Drucke auf das Herz selbst, verhindert die Ausdehnung des letzteren und desshalb können auch keine Contractionen mehr wahrgenommen werden.

Bei diesem Versuche fühlt man noch einzelne schwache Pulsschläge, nachdem die Herztöne bereits unhörbar geworden sind; zuletzt jedoch hört auch der Pulsschlag auf. Manche Menschen können das Herz auf diese Weise nicht ganz zum Stillstehen bringen: die Untersuchung des Pulses sowohl als die Auscultation weisen dann schnell auf einander folgende, aber unkräftige Contractionen nach.

Mehrere Autoren hatten schon angegeben, dass durch manche Modificationen der Athmungsbewegungen die Herzthätigkeit beschleunigt oder verlangsamt oder auch unterdrückt wird. So hatte *Joh. Müller* (Handb. der Phys. Bd. 1. S. 198) an sich selbst beobachtet, dass durch eine tiefe angehaltene Inspiration der Puls ganz verschwindet. Später jedoch (*Müller's* Archiv, 1845. S. 220) giebt er an, die Herzthätigkeit werde dadurch nicht unterbrochen und es sei das Verschwinden des Radialpulses nur einem Drucke zuzuschreiben, welchen die *Subclavia* durch das Heben der ersten Rippe erleiden kann. Ebendaselbst spricht *Frey* die Vermuthung aus, es sei keine mechanische Wirkung dabei im Spiele, sondern ein Nerveneinfluss. Indessen hat *einer von uns* (*Nederl. Lancet* V. 354) dargethan, dass sowohl ein verminderter als ein vermehrter Athmungsdruck auf das Herz dessen Thätigkeit hemmt, und darin einen ausreichenden Erklärungsgrund für die wahrgenommenen Erscheinungen gefunden. Dass die Herzthätigkeit unter einem erhöhten Drucke ganz aufhören kann, das ist späterhin von *Weber* (*Müller's* Archiv, 1851. S. 88) dargethan worden, und wir fanden es bestätigt. Bemerkenswerth ist es aber, dass die Herztöne bereits nicht mehr gehört werden, während der Puls noch fühlbar ist: *Bouchut's* Behauptung (*Traité des signes de la mort. Paris.* 1849. *p.* 55-97), als seien die fehlenden Herzgeräusche ein sicheres Todeszeichen, erleidet dadurch einigen Eintrag. — Den Einfluss eines verminderten Drucks läugnete *Weber*; derselbe ist aber durch *einen von uns* (*Nederl. Lancet*, 3e *Serie* I. 333) ausser Zweifel gesetzt worden. Es wurde nämlich bei mehreren Personen der Einfluss einer sehr langsamen, 8 bis 20 Secunden anhaltenden, möglichst tiefen Einathmung untersucht, und es stellten sich folgende Resultate heraus:

	Puls zu Anfang.	**Puls bei fortgesetzter Einathmung.**	**Herztöne.**	**Nachwirkung.**
Mann v. 21 J.	Fast unverändert.	Langsamer u. kleiner.	Hörbar.	Der Puls schneller und grösser.
,, 26 J.	Einen Augenblick schneller.	Weit langsamer und kleiner.	Kaum hörbar.	Desgl.
,, 30 J.	Etwas langsamer.	Weit langsamer und kleiner.	Nicht hörbar.	Desgl.
,, 33 J.	Fast unverändert.	Ungemein langsam u. zuletzt nicht mehr zu fühlen.	Nicht hörbar.	Desgl.
Mädchen v. 5 J.	Etwas langsamer.	Langsamer u. zuletzt verschwindend.	Nicht hörbar.	Desgl.
Frau v. 20 J.	Anfangs schneller.	Langsamer u. kleiner.	Hörbar.	Desgl.
,, 30 J.	Anfangs schneller.	Kleiner und etwas langsamer.	Hörbar.	Desgl.
,, 35 J.	Schneller und kräftig.	Kleiner und etwas langsamer.	Hörbar.	Desgl.

Modificationen des Drucks, dem das Herz ausgesetzt ist, liegen allen diesen Erscheinungen zu Grunde. Das Wichtigste über diesen Punkt möge des bessern Verständnisses wegen hier kurz mitgetheilt werden. *Einer von uns* hat durch seine Untersuchungen dargethan: 1. Die Lungen leisten, vermöge ihrer Elasticität, dem Luftdrucke auf's Herz und auf die in der Brusthöhle liegenden Gefässe Widerstand. 2. Der Druck auf das Herz u. s. w. ist somit immer geringer, als die Spannung der Luft in den Lungen. 3. Der Unterschied ist um so grösser, je mehr die Lungen ausgedehnt werden: bei gesunden Lungen ist er nach einer gewöhnlichen Ausathmung $= 7\frac{1}{2}$ Millim. Quecksilber, nach einer gewöhnlichen Einathmung = 9 Mill., nach einer möglichst tiefen Einathmung zum mindesten = 30 Mill.

Die Spannung der Luft in den Lungen ist aber eine veränderliche, und deshalb wechselt natürlich auch der Druck auf's Herz. Während des gewöhnlichen Einathmens nimmt sie um 1–3 Millim. ab, während des gewöhnlichen Ausathmens steigt sie um 1—3 Millim. Durch schnelles Ein- und Ausathmen, wenn die Luft freien Zutritt hat, stellen sich grössere Verschiedenheiten heraus. Sehr gross werden dieselben, wenn man, Mund und Nase geschlossen, mit grosser Kraft ein- und auszuathmen sucht. Der negative Inspirationsdruck, den wir bei mehreren Personen in der Nase ermittelten, entsprach 36 bis 74, der positive Exspirationsdruck 82 bis 100 Millim. Quecksilber. Rechnen wir auf die stark ausgedehnten Lungen 15 Millim. elastischen Widerstand, so beträgt jener negative Druck auf das Herz, die Gefässe u. s. w. 36 bis 74 + 15, d. h. 51 bis 80 Millim., der positive Druck aber 82 bis 100 — 15, d. h. 67 bis 85 Millim. Quecksilber. Willkürlich kann man also den Druck auf das Herz und die Gefässe um 67 bis 85 Millim. über den atmosphärischen Luftdruck steigern, und um 51 bis 80 Millim. unter den atmosphärischen Luftdruck herabbringen.

Während diese bedeutenden Verschiedenheiten des positiven und negativen Drucks die Wirksamkeit des Herzens aufheben, wird durch den fortdauernden negativen Druck von $7\frac{1}{2}$ bis 9 Millim. Quecksilber die Diastole befördert, ohne dass der Systole ein merklicher Eintrag geschieht. In den ausserhalb der Brusthöhle befindlichen Venen beträgt der Seitendruck mehr als eine Atmosphäre; der niedrigere Druck in der Brusthöhle und auf das Herz muss deshalb als Saugkraft wirken, die für den venösen Blutlauf von grosser Bedeutung ist.

§ 18. Dauer der Herzbewegungen und Reizbarkeit des Herzens.

Die Herzbewegungen sind dadurch ausgezeichnet, dass sie während des ganzen Lebens in einer rhythmischen Ordnung fortbestehen. Die Raschheit und Kräftigkeit haben sie mit den Bewegungen der willkürlichen Muskeln gemein, womit auch das Gewebe der Herzmuskeln im Ganzen übereinstimmt.

Wird das Herz aus dem Körper genommen, so dauern diese Bewegungen, zumal bei kaltblütigen Thieren, noch eine Zeit lang fort, und durch Reizung werden sie häufiger und kräftiger, woraus zu schliessen ist, dass die Ursache dieser Bewegungen im Herzen selbst gesucht werden muss. Die Regelmässigkeit in den Bewegungen jedoch hält nicht lange an. Zuerst werden die Contractionen der Kammern schwächer und langsamer, so dass nicht auf jegliche Vorhofscontraction auch eine Contraction der Kammern folgt, und zuletzt contrahiren sich nur noch die Vorhöfe. Durch Reizung kommt jetzt noch eine vollständige rhythmische Contraction zu Stande. — Ist das Herz zur Ruhe gekommen, so kann es noch eine Zeit lang durch mechanische, chemische oder galvanische Reize, besonders auch durch Wärme, neuerdings in Wirksamkeit versetzt werden. Auch diese Eigenschaft erhält sich zuletzt nur noch in den Vorhöfen, deren Irritabilität länger als bei irgend einem andern Muskel anzudauern scheint.

Hat die Irritabilität gänzlich aufgehört, so kann sie wieder erweckt werden, wenn man Blut in die Kranzpulsadern spritzt. Wird das Herz in den luftleeren Raum gebracht, der Einwirkung fremder Gase ausgesetzt oder unter Oel getaucht, so hören seine Contractionen alsbald auf. Während der Contraction entwickelt sich Kohlensäure und es verschwindet Sauerstoff. Alle diese Data beweisen auf's Bestimmteste, dass die Andauer der Herzthätigkeit auf Stoffwechsel beruht.

Narkotische Substanzen können die Herzthätigkeit aufheben. Dieselben wirken am stärksten, wenn sie mit der Innenfläche des Herzens in Berührung kommen.

Bei jedem Thiere kann man sich mit Leichtigkeit von der Fortdauer der Herzthätigkeit nach dem Ausschneiden des Organes, von der Reihenfolge, in welcher dieselbe in den verschiedenen Abtheilungen abnimmt, so wie von dem Einflusse überzeugen, welchen verschiedene Reize alsdann noch ausüben. Derartige Beobachtungen verdanken wir bereits *Haller* und *Fontana*. So ist es z. B. ein überraschendes Schauspiel, wenn das eben stillstehende Herz alsbald wiederum sich contrahirt, so wie es in Wasser von 37 ° C. gelegt wird (*Budge* in *Wagner's* Handw. der Phys. Bd. 3. S. 439). Schwindet beim Menschen das Leben langsam durch chronisches Leiden, dann hört zugleich mit dem Athemholen auch die Herzbewegung auf und die Irritabilität erhält sich nur eine kurze Zeit. Mehrmals hat man aber Gelegenheit gehabt, bei hingerichteten Missethätern von der Fortdauer der Herzbewegungen sich zu überzeugen. *Harless* (Jenaische Annalen 1850. Bd. 2. S. 2) beobachtete eine gute Stunde nach dem Tode noch rhythmische Zusammenziehungen des rechten Vorhofs; dieselben nahmen unter der Einwirkung eines Inductionsapparates an Schnelligkeit und Stärke zu, theilten sich aber andern Abschnitten des Herzens nicht mit. Die nämlichen Erscheinungen beobachtete *Margo* (Ungar. Zeitschr. 1851. Bd. 1. S. 35) 2½ Stunden nach der Enthauptung, wo in den übrigen Abtheilungen des Herzens kaum noch eine Spur von Contractilität übrig geblieben war. *Dietrich*, *Gerlach* und *Herz* (Prager Vierteljahrsschr. 1851. Bd. 31. S. 65) sahen auch, und zwar 48 Minuten nach der Enthauptung, die beiden Ventrikel sich contrahiren, wenn der rechte Ventrikel gereizt wurde. Besonders stark und regelmässig war die Contraction des rechten Herzohres. Die genauesten Beobachtungen an zwei Hingerichteten haben uns *Duval*, *Rochart* und *Petit* (*Gaz. méd. de Paris*. 1851. *p.* 434) mitgetheilt: bei dem einen fanden sie 22 Minuten nach der Enthauptung am rechten Vorhofe 43 Contractionen in der Minute, und diese Contractionen setzten sich noch eine geraume Zeit hindurch ohne Unterbrechung fort, während sich an den Ventrikeln nur eine Art Wogen (*frémissement ondulatoire*) wahrnehmen liess; bei dem zweiten contrahirten sich auch die Kammern kurze Zeit hindurch, die Bewegungen wurden aber bald zitternd. Bei beiden nahmen die Contractionen durch den galvanischen Reiz an Häufigkeit und Intensität zu. *Vierordt* (Archiv f. phys. Heilk. 1854. S. 412) konnte sogar mittelst seines Apparates die Herzcontractionen bei einem hingerichteten Missethäter aufzeichnen. — Allgemein wird angegeben, dass die Irritabilität gegen Reize bei keinem Muskel so lange anhält, als in den Herzvorhöfen, und zumal im rechten. Indessen fand *Budge* (a. a. O. S. 403) die Irritabilität am Herzen des Frosches nicht länger andauernd, als an einem abgelösten Beine des Thieres. Es unterscheidet sich aber das Herz noch bestimmt durch seine langanhaltenden spontanen Contractionen.

Wir haben oben bereits die wichtigsten Data dafür angeführt, dass die Thätigkeit des Herzens auf dem Stoffwechsel beruht. Wenn vom Einflusse des Blutumlaufs auf die übrigen Verrichtungen die Rede sein wird, dann kommen wir auf die Rückkehr der Irritabilität nach Einspritzung arteriellen Blutes in die

Kranzschlagadern zu reden. Hier erinnern wir nur an die Versuche von *G. Liebig* (*Müller's* Archiv. 1850. S. 393), aus denen erhellt, dass die Contraction selbst isolirter Muskeln mit einer Kohlensäureentwickelung verbunden ist, so wie an die Versuche von *Tiedemann* (*Müller's* Archiv 1847. S. 490) und von *Schultz* (*De motu cordis ranae temporariae. Berol.* 1849) über den Einfluss der Luftverdünnung und der fremden Gase auf die Irritabilität des ausgeschnittenen Herzens. *Tiedemann* wies nach, dass das Herz von Fröschen und Salamandern, wenn es in den Recipienten einer Luftpumpe gebracht wird, beim Auspumpen der Luft alsbald während der Diastole stillsteht und selbst auf Reizungen sich nicht mehr contrahirt, sehr bald aber wieder in Thätigkeit kommt, wenn der Luft Zugang gestattet wird, und dass dieser Versuch einige Male mit dem nämlichen Herzen wiederholt werden kann. Auch wies *Tiedemann* andererseits nach, dass das Herz in Sauerstoffgas und in einer verdichteten Luft häufiger und kräftiger sich contrahirt. Diese Versuche bestätigte *Schultz*. Im Sauerstoffgas sah er so lebhafte Contractionen des Herzens, dass es in einer fast allgemeinen fortdauernden Bewegung sich befand; in Wasserstoffgas waren dieselben Anfangs frequenter, sie verloren aber viel an Stärke und hörten bald ganz auf. Durch Zutritt von Luft soll die Thätigkeit des Herzens sich dann nicht wieder herstellen, und im luftleeren Raum soll sich das Herz auffallend stark ausdehnen. Wir haben diese Versuche mit Froschherzen wiederholt, aber von einer starken Ausdehnung im Recipienten der Luftpumpe, für die auch kein physischer Grund vorhanden ist, nichts wahrgenommen: hatten die Contractionen nach Einwirkung von Kohlensäure und Wasserstoffgas aufgehört, so sahen wir dieselben in Sauerstoffgas oder in atmosphärischer Luft nach einiger Zeit wiederkehren. Manchmal wurde die Herzthätigkeit, wenn Kohlensäure oder Wasserstoffgas einwirkten, zuerst beschleunigt und zugleich kräftiger. Dies spricht einigermassen für die Ansicht von *Ludwig* und *Hoffa*, zu der sich auch *Brown-Séquard* (*Canstatt's* Jahresbericht f. 1853. Bd. 1. S. 153) bekennt, dass die Kohlensäure in bestimmter Menge ein Reiz für die Nervencentra des Herzens sei, gleichwie für jene der Respiration, — welche Ansicht darauf sich stützt, dass die Herzthätigkeit sich steigert, wenn die künstliche Respiration nicht in einem ausreichenden Maasse unterhalten wird. — Unter den durch *Helmholtz* bevorworteten zahlreichen Versuchen *Castell's* (*Müller's* Archiv 1854. S. 226) verdient noch Erwähnung: dass das Froschherz in atmosphärischer Luft, nach 165 bis 190 Minuten, unter der Luftpumpe aber schon nach 30 Minuten stillstand, wobei es steif und trocken war, dass aber die Contractionen in Sauerstoffgas kräftig und rasch wurden und erst nach 12 Stunden aufhörten, — dass das Herz in Stickstoffoxydulgas, welches ohne Nachtheil geathmet werden kann, nach ein Paar kräftigen Contractionen stillstand, und wenn es darauf der Luft ausgesetzt wurde, kaum noch eine Bewegung zeigte, — dass in einem Gemenge von 2 Volumina Stickstoff und 1 Volumen Kohlensäure die Bewegung verhältnissmässig lange sich erhielt, — endlich dass, wenn die Herzbewegungen in kohlensaurem Gase und in Schwefelwasserstoffgas stillstanden, dieselben in atmosphärischer Luft wieder anhuben, was nach der Einwirkung anderer giftiger Gase nicht geschah.

Die Einwirkung verschiedener Narcotica, namentlich auf die Innenfläche des Herzens, hebt dessen Contractionen auf. (*Valentin's* Lehrb. der Phys. Bd. 2. S. 98.) Man hat auch angegeben, nach Chloroform- oder Aethertode sei die Reizbarkeit des Herzens gänzlich aufgehoben oder doch vermindert, und *einer von uns* (*Nederl. Lancet. 3e Ser.* V. 377) konnte bei einem durch Aetherisirung getödteten Hunde keine Herzcontractionen mehr hervorrufen. Aus der Untersuchung von *Ali Cohen* (*Praktisch Tydschrift* 1850. II. 457) erhellte aber zur Genüge, dass bei Kaninchen wenigstens die Irritabilität des Herzens weder durch Aether- noch durch Chloroformtod aufgehoben wird.

§ 19. Die Herzcontraction im Verhältniss zum Blutreize, zu den Herznerven und den Nervenganglien.

Haller erkannte in dem Blute innerhalb der Herzhöhlen den Reiz, wodurch die Zusammenziehung zu Stande käme. Allein es ist nicht bewiesen, dass dieser Reiz zur Contraction erforderlich ist. Noch weniger kann man mit *Haller* die rhythmische Contraction daraus erklären, dass das Blut abwechselnd in den Vorhof und in die Kammer kommt, mithin auch die Contraction des ersteren jener des letzteren vorhergeht; — wir haben schon gesehen, dass diese Vorstellung vom Rhythmus des Herzens eine falsche ist. Der Reiz des Blutes, welches niemals ganz entfernt wird, ist ja ein constanter; überdies aber zeigt sich die rhythmische Zusammenziehung auch noch, wenn kein Blut mehr ein- und ausgeführt wird. Höchstens kann man mit *Volkmann* das Blut als eine Bedingung der Irritabilität bezeichnen, nicht aber als eine Ursache der Contractionen. Durch Reizung der centripetal leitenden Nerven befördert es die Wirksamkeit der Nervencentra des Herzens, und da die rhythmischen Contractionen auf dieser Wirksamkeit beruhen, so werden dieselben durch die Anwesenheit des Blutes häufiger und kräftiger, ohne dass sie jedoch bestimmt davon abhängig sind. Die kleinen Ganglien, welche an den Herznerven in der Herzsubstanz selbst vorkommen, stellen diese Nervencentra vor. Nach *Volkmann* sind diese ebenso das regulirende Centralorgan für die Herzbewegungen, wie die *Medulla oblongata* als Centralorgan die Athembewegungen beherrscht. Er beruft sich vornehmlich auf die rhythmische Bewegung unter einem constanten äusseren Einflusse, so wie auf die regelmässige, vollkommene Contraction nach jedem örtlichen Reize, der irgend einen Theil (am besten freilich den Vorhof) des bereits stillstehenden, aber noch reizbaren Herzens trifft; eine solche sei nur erklärlich durch Reflexion, welche von einem regulirenden Centralorgane ausgeht.

Da sich die Herzganglien nicht ausschneiden lassen, um zu sehen, ob durch ihre Entfernung auch die rhythmische Bewegung aufgehoben wird, so bleibt die Vorstellung, dass sie das regulirende Centralorgan darstellen, immer noch hypothetisch, wie es auch *Volkmann* in seiner Hämodynamik (S. 390) gern zugesteht. Indessen den verschiedenen dagegen geäusserten Einwürfen gegenüber kann sie, ja, da sie sich *a priori* durch ihre Einfachheit empfiehlt, muss sie Geltung behalten, falls sie nur etwas genauer formulirt wird. Man denke sich nämlich nicht ein einziges grosses Centralorgan, sondern mehrere kleine Ganglien, die unter einander verbunden sind, aber doch

auch wieder selbstständig wirken können. Damit sind die Einwürfe beseitigt, die man von der fortdauernden rhythmischen Contraction einzelner abgeschnittener Stücke des Herzens entlehnt hat. Die selbstständige Wirksamkeit der verschiedenen Abschnitte ergiebt sich übrigens vollkommen aus den unregelmässigen und partiellen Contractionen, die, wie erwähnt, unter verschiedenen Umständen auftreten und auf welche besonders *Ludwig* und *Hoffa* die Aufmerksamkeit gelenkt haben. Ein Zusammenwirken dieser selbstständigen Abschnitte wäre aber auf doppelte Weise möglich: 1. gleichzeitig, aber unabhängig von einander tritt in den verschiedenen Centralorganen jene Irritabilität auf, welche zur Contraction erforderlich ist; 2. von einem einzelnen Punkte aus wird in alle übrigen Theile, welche gleich irritabel sind, in einer bestimmten Ordnung inducirt.

Die Wahl zwischen diesen beiden Alternativen scheint uns nicht schwierig zu sein. Wird ein Herz in mehrere Stücke zerchnitten, so dauert die gleiche rhythmische Contraction nicht mehr fort; bleiben die Herzabschnitte vereinigt, so halten die regelmässigen, vom Vorhofe ausgehenden und rasch auf die Kammer sich ausbreitenden Contractionen lange Zeit an: dies spricht für den zweiten Fall. Jeder irgendwo einwirkende Reiz muss unmittelbar auf das selbstständige Centralorgan des zuerst sich contrahirenden Herzabschnittes übertragen werden, von wo er mittelbar oder unmittelbar in einer bestimmten Ordnung den übrigen sich mittheilt. Wenigstens ist es kein isochronischer Vorgang, sondern es sind successive Wirkungen. *Schiff* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 9. S. 4) und ebenso *Bidder* und *Rosenberger* (*De centris motuum cordis. Dorp.* 1850. *Müller's* Archiv 1852. S. 163) fanden jedoch, dass die gereizten Kammern sich zuerst contrahiren und auch zuerst wiederum erschlaffen, so dass die Ordnung des Rhythmus sich umkehrt. Das Nämliche beobachteten *Ludwig* und *Hoffa*, wenn die Irritabilität etwas herabgestimmt wurde, indem sie das *Septum* von Froschherzen mit *Tinct. Opii* betupften. Die letzteren schliessen hieraus, dass man in keinem Falle auf eine bestimmte anatomische Gruppirung der Herznerven zur Erklärung des Rhythmus zählen dürfe, und *Bidder* und *Rosenberger* lassen sich zum Theil mit durch dieses Factum zu der Annahme bestimmen, dass es im Froschherzen zwei Nervencentra mit verschiedenen Functionen gebe: 1. die im *Septum* der Vorhöfe gelegenen Ganglien sollen Centra der rhythmischen Bewegung sein; 2. die in der *Valvula atrio-ventricularis* von *Rosenberger* gefundenen Ganglien sollen Centra der Reflexbewegung sein. Andere Ganglien gebe es aber nicht. — Unseres Erachtens lassen sich die genannten Erscheinungen durch Reflexion und durch wechselseitige Induction der verschiedenen Centra erklären, und *Volkmann* (Hämodynamik S. 383) findet darin nur einen Beweis dafür, dass die Regelmässigkeit der Contraction nicht in dem Verhalten der Muskelbündel begründet ist. Wird die Kammer gereizt, so kann unter besonderen Umständen die Contraction der Kammern zuerst eintreten durch Reflexion vom eignen Centralorgane, gleichwie sich auch die ganze abgetrennte Kammer contrahiren kann; gleichzeitig werden aber auch die übrigen Centralorgane durch Induction in erhöhte Thätigkeit versetzt. Während des Lebens nun herrscht in den Vorhöfen die stärkste Neigung zur Contraction: beim Aufhören der Herzthätigkeit nehmen ihre Contractionen im Verhältniss zu den Kammern an Frequenz zu und es dauern dieselben längere Zeit an. Desshalb beginnen die spontanen Contractionen immer an den Vorhöfen, und durch Induction gehen sie fast unmittelbar an die Kammern über, so lange nämlich in diesen noch der ausreichende Grad von Irritabilität vorhanden ist. So, glauben wir, erklärt sich der Rhythmus der Contractionen.

Damit steht es im Einklange, dass die verschiedenen Abtheilungen des Herzens, zumal die Vorhöfe, sich noch regelmässig contrahiren, wenn sie abgeschnitten wurden, und wahrscheinlich haben diese Abschnitte mit regelmässigen spontanen Contractionen ihr eignes Centralorgan, wenn auch die anatomische Untersuchung dies noch nicht nachweist. Vorläufig jedoch bleiben die hierauf bezüglichen Versuche von *Stannius* (Zwei Reihen physiologischer Versuche. Rostock 1851) unerklärlich. Wenn dieser an einem Froschherzen da,

wo der *Sinus* der Hohlvenen in den rechten Vorhof mündet, einen Faden fest umlegte, so kam das ganze Herz, und zwar im Zustande der Diastole, zu bleibender Ruhe (Versuch 7); wurde aber dann eine zweite Ligatur an der Grenze zwischen Kammer und Vorhöfen angelegt, die zugleich auch den *Bulbus arteriosus* umschnürte, so begann in den Kammern wiederum die Contraction und hielt wohl lange Zeit hindurch an, während die Vorhöfe in Ruhe verharrten. Es spricht dies nach *Stannius* für zwei Nerzencentra des Herzens, von denen das eine die Contractionen hervorruft, das andere dagegen dieselben unterdrückt.

Ueber die Beziehung der Herznervenganglien zu den Contractionen dieses Organes sind in den letzten Jahren noch einige Ansichten laut geworden, auf die wir zum Schlusse, mehr in historischer Beziehung, zu sprechen kommen. *Volkmann* hat wiederholt (*Müller's* Archiv 1844. S. 419 und 1845. S. 406, desgl. *Wagner's* Handwörterbuch d. Ph., Art. Nervenphysiologie) die Nervencentra des Herzens als Quelle der Herzthätigkeit bezeichnet und zwar aus den oben angegebenen Gründen. Einige Bedenken dagegen äusserte *Budge* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 5. S. 319. *Wagner's* Handwörterbuch Bd. 3. S. 407), und namentlich wies derselbe auf die Menge dieser Ganglien und auf die Ungewissheit des Ursprungs von Nervenfasern aus denselben hin. *Volkmann* (Hämodynamik S. 394) hat nun aber später auf überzeugende Weise dargethan, dass die Mannigfaltigkeit dieser Ganglien kein Hinderniss ist, wie es oben deutlich gemacht worden ist, und auch nachgewiesen, dass selbst der einseitige Abgang von Nervenfasern aus den Zellen der Ganglien, wie wahrscheinlich derselbe auch nach den Untersuchungen von *Kölliker*, *Bidder*, *Volkmann*, *Ludwig*, *Wagner* sey, für die physiologische Bedeutung nur von untergeordnetem Werthe ist. Mit Unrecht indessen beruft sich *Volkmann* dabei auf die Lymphherzen der Frösche, deren Centralorgan er an einer bestimmten Stelle des Rückenmarks gefunden haben wollte (*Müller's* Archiv 1844. S. 419). Nach Zerstörung des Rückenmarks sah *Schiff* (Jenaische Annalen Bd. 2) die Lymphherzen sich noch Wochen lang contrahiren, und *Eckhard* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 8. S. 211) hat es wahrscheinlich gemacht, dass die Nerven, welche vom Rückenmarke zu den Lymphherzen verlaufen, zu der Thätigkeit dieser Organe in dem nämlichen Verhältnisse stehen, wie die *Vagi* zum Blutlaufe. Gegen die Richtigkeit dieser *Eckhard*'schen Versuche hat sich aber *Volkmann* (Hämodynamik S. 383) weiterhin ausgesprochen.

Ueber den Einfluss des in den Herzhöhlen enthaltenen Blutes auf die Contractionen dieses Organes haben *Volkmann*, *Budge*, *Schiff* ausführlich gehandelt. Nach genauer Abwägung glauben wir annehmen zu dürfen, das Blut in den Herzhöhlen wirkt als Reiz auf die Empfindungsnerven, die Thätigkeit der Herznerven, welche schon in Folge des Stoffwechsels im Herzen selbst vorhanden ist und die rhythmischen Contractionen bedingt, wird durch Reflexion verstärkt und so entstehen kräftigere und raschere Contractionen. Diese Ansicht steht vermittelnd zwischen *Volkmann*, welcher die Bedeutung des in den Herzhöhlen enthaltenen Blutes ganz in den Hintergrund stellt, und zwischen *Budge* und *Schiff*, welche dem Blute einen zu grossen Einfluss zuschreiben.

§ 20. Einfluss des Vagus und Sympathicus auf die Herzthätigkeit.

Ist nun auch der wahre Grund der Zusammenziehungen des Herzens im Herzen selbst zu suchen, so üben doch andere Nerven auch noch einen mittelbaren Einfluss auf dieselben. Gemüthserregungen können die Herzschläge schwächer und stärker machen, sie können dieselben vermehren oder vermindern; der Zustand mancher anderer Organe wirkt modificirend auf die Herzthätigkeit ein. Die Erscheinungen weisen den genannten Einfluss auf eine

unbestreitbare Weise nach. Da aber der Rhythmus der Bewegungen, welcher von den Nervencentren des Herzens selbst ausgeht, dabei unverändert bleibt, so schliessen wir, dass die Nerven, welche andere Theile mit dem Herzen in Verbindung setzen, lediglich auf die Nervencentra wirken, nicht aber unmittelbar auf das Muskelgewebe des Herzens.

Frühere Versuche über den Einfluss des *Vagus*, des *Sympathicus*, des Gehirns und des Rückenmarks auf die Contractionen des Herzens ergaben zweifelhafte, mindestens keine übereinstimmende Resultate. *E. Weber* benutzte den elektro-magnetischen Apparat und wies damit zuerst den merkwürdigen Einfluss des *Vagus* und der *Medulla oblongata* nach. Werden diese Theile gereizt, so verlängern sich die Pausen des Herzrhythmus und das Herz verharrt mehrere Secunden hinter einander in Diastole, währenddem durch eine örtliche Reizung nur eine einzelne Contraction erweckt wird. *Weber* fand darin ein die Herzthätigkeit unterdrükkendes Moment; der *Sympathicus* dagegen sollte die Herzthätigkeit erregen, was sich auch wirklich für die *pars abdominalis* dieses Nerven durch die Untersuchungen von *Budge* herauszustellen scheint. Denn die Reizung der *pars cervicalis sympathici* soll nach *Wagner* die Herzcontractionen verlangsamen, somit die gleiche, nur schwächere Wirkung haben, als Reizung des *Vagus*. — Von allen Seiten her sind *Weber's* Beobachtungen bestätigt worden. Indessen glaubt *Schiff*, dass die Herzthätigkeit durch eine ganz schwache Reizung der *Vagi* beschleunigt werden kann, und die Untersuchungen von *Ludwig* und *Hoffa* thun dar, dass während der längeren Pausen in Folge der Vagusreizung die Contractionen im Allgemeinen energischer werden.

Die bis jetzt bekannten Thatsachen lassen sich noch nicht unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt fassen. So viel jedoch steht fest, dass durch centrifugal leitende Vagusfasern eine mächtige Wirkung auf die Herzthätigkeit ausgeübt werden kann, so dass die sympathischen Veränderungen der Herzthätigkeit in einer directen oder indirecten Einwirkung der *Vagi* begründet sein mögen. Unter welchen Umständen aber der *Sympathicus* auf die Nerven des Herzens von Einfluss ist, das muss noch durch fernere Untersuchungen festgestellt werden.

Um die Erscheinungen der modificirten Herzthätigkeit zu erklären, darf man die Qualität und die Menge des zugeführten Blutes nicht ausser Acht lassen.

Wenn die Muskelnerven galvanisch gereizt werden, so entsteht nur im Momente des Schliessens oder Oeffnens der Kette Contraction. Eine bleibende tonische Zusammenziehung kann man nur dadurch erhalten, wenn die Oeffnung und die Schliessung der Kette so schnell mit einander wechseln, dass bereits wieder eine neue Ursache zur Contraction vorhanden ist, bevor noch die nächstvorhergehende ausgewirkt hat. Darin liegt der grosse Vorzug eines elektromagnetiscnen Apparates, dessen sich *Ed. Weber* zuerst zur Untersuchung der Nervenfunctionen bediente. In *Dubois-Reymond's* Schlittenapparate hat derselbe zum Behufe physiologischer Versuche die grösste Vollkommenheit erreicht.

Wenn *Ed. Weber* andauernd den elektro-magnetischen Reiz auf beide *Vagi* oder auf das verlängerte Mark einwirken liess, so stellte sich das interessante Resultat heraus, dass die Contractionen des Herzens immer langsamer und langsamer wurden und das Herz selbst längere Zeit in der Diastole verharrte. Gemeinschaftlich mit seinem Bruder *E. H. Weber* stellte er diese Versuche an warmblütigen Thieren sowohl als bei Fröschen an. Die gewonnenen Resultate wurden folgendermassen von ihnen formulirt: durch Reizung der *Vagi* oder jener Hirntheile, aus denen die *Vagi* entspringen, verlangsamt sich das Tempo der rhythmischen Herzbewegungen und das Herz selbst steht ganz still; oder der Herzschlag verlangsamt sich von dem Momente an, wenn das Galvanisiren anfängt und nach einigen langsamen Schlägen steht das Herz in der Diastole still; oder es steht fast augenblicklich still und bleibt so lange bewegungslos, bis die *Vagi* durch fortgesetztes Galvanisiren erschöpft und unfähig geworden sind, Eindrücke zum Herzen fortzuleiten; je kräftiger das Thier ist, je reizbarer die Nerven sind, je stärker der angewandte Strom ist, um desto rascher steht das Herz still. Mit diesen letztern Angaben ist auch *Ludwig* einverstanden.

Weber hatte auch bereits gefunden, dass durch galvanische Reizung des pulsirenden Theils der *Vena cava* das Herz ebenfalls schnell im ganz erschlafften Zustande zum Stillstande gebracht wird, oder dass ein schwächeres Galvanisiren seine Contractionen verlangsamt. Die Wirkung trifft hier die Nervenfasern, welche vom *Vagus* zum Herzen gehen.

Demnach sprach sich *Weber* dahin aus, der *Vagus* unterdrücke die Herzthätigkeit, und es werde diese andererseits durch den *Sympathicus* angeregt. Freilich konnte er durch Reizung des *Sympathicus* am Halse keine Beschleunigung der Herzthätigkeit erzielen, und die Einwirkung dieses Nerven nicht auf positive Weise nachweisen; er meint aber, dass der Einfluss, welchen die Reizung verschiedener Körperstellen ausübt, sich nicht wohl anders als durch Vermittelung des *Sympathicus* erklären lasse. Wirkte übrigens der galvanische Reiz beim Frosche auf den Anfang der *Aorta*, dann trat wirklich eine beschleunigte Herzthätigkeit ein. Auch theilte *Budge* (*Froriep's* Tagsberichte Nr. 441) mit, dass bei Fröschen die Frequenz der Contractionen zunimmt und die im Erlöschen begriffenen Contractionen sich wieder heben, wenn der hintere Theil vom Hauptstrange des *Sympathicus*, vom Schwanzbein bis in die Nähe des Herzens hin, gereizt wird. Einige Zeit vorher müssen aber die *Vagi* durchschnitten oder es muss die *Medulla oblongata* entfernt worden sein. Wir haben uns von der Richtigkeit dieser Versuche überzeugt. Auch durch Reizung des untersten Theils des Rückenmarks kann die Frequenz der Herzschläge in der Bahn des *Sympathicus* zunehmen.

Weber's Untersuchungen sind vielfältig geprüft und im Allgemeinen richtig befunden worden, so von *Tiedemann* (*Müller's* Archiv 1847. S. 490), von *Budge* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 5. S. 319), von *Schiff* (Ebend. Bd. 9. S. 22 und 220), von *Eckhard* (*Müller's* Archiv 1851. Heft 3), von *Stannius* (Zwei Reihen von Versuchen. 1851), von *Ludwig* und *Hoffa* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9. S. 107), von *R. Wagner* (Nachrichten v. d. Gött. Univers. 1854. Nr. 8). *Wir selbst* haben diese Versuche auch unzählige Male angestellt, wobei *Wagner's* Methode, die Herzthätigkeit an den Bewegungen einer in das Herz gestochenen Acupuncturnadel abzulesen, sich sehr brauchbar erwies. Die Untersuchungen von *Ludwig* und *Hoffa* haben unsere Kenntniss dieses Gegenstandes wohl am meisten bereichert. Zuvörderst bestätigten sie, wie *Budge* und

Schiff bereits gefunden hatten, dass ein kräftiges Galvanisiren eines *Vagus* immer schon hinreichend ist, den Stillstand des Herzens zu Stande zu bringen, was bei dem anatomischen Verhalten der *Vagi* am Herzen nicht gerade auffallen kann. Von besonderem Werthe sind ihre Versuche, zu denen sie das Kymographion benutzten, weil sie damit genauer ermitteln konnten, welchen Einfluss die Reizung auf die Frequenz sowohl als auf die Stärke der Herzschläge hat und wie schnell auch der Einfluss der galvanischen Reizung sich offenbart. Die Stärke der Herzschläge haben sie nicht blos aus dem seitlichen Drucke des Blutes in den Arterien bestimmt, weil dies ein unzuverlässiger Maasstab ist, sondern auch aus der Vorwärtsbewegung des Herzens bei der Systole. Das Herz bekam nämlich eine bestimmte Stellung und durch eine besondere Einrichtung wurde beim Vorwärtsbewegen des Herzens ein Hebel in Bewegung gesetzt, der mit dem Kymographion in Verbindung stand. Als hauptsächlichste Resultate erhielten sie folgende: Reizung der *Vagi*, zumal dicht über der Stelle, wo sie zum Herzen treten, bringt das Herz unmittelbar in den Zustand von Diastole; auf diese lange Diastole folgen aber: 1. entweder ein einziger kräftiger Herzschlag oder auch mehrere, denen eine Reihe mit allmählig abnehmender Stärke nachkommt; 2. oder ein einzelner sehr kräftiger Herzschlag, worauf eine Diastole von mehreren Secunden eintritt; 3. oder eine Reihe langsamer und auch nicht kräftiger Schläge; 4. oder endlich die erste Diastole hält ohne Weiteres mehrere Secunden an. Der zweite und vierte Fall kommen am häufigsten vor. Wurde das Galvanisiren fortgesetzt, so stellte sich wohl zum zweiten Male eine ähnliche Reihe von Bewegungen ein, wie die zuerst wahrgenommene; manchmal jedoch wurden die Schläge allmählig frequenter, ohne dass sich aber eine regelmässige Steigerung herausstellte. Nach und nach kehren die normalen Bewegungen des Herzens zurück. Die Ursache dieser Rückkehr zum normalen Rhythmus fand *Weber* in einer Erschöpfung der *Vagi*. Dagegen weisst *Ludwig* nach, dass der *Vagus* dabei nur ganz local der Empfindung beraubt ist: so wie man nämlich unverweilt eine tiefere, d. h. mehr peripherische Stelle reizt, kommt auch sogleich die Unterdrückung der Herzthätigkeit wiederum zum Vorscheine. Eine locale Aufhebung der Nervenreizbarkeit durch den elektromagnetischen Reiz wurde durch *Schiff* auch an den Schenkelnerven nachgewiesen.

Da die galvanische Reizung der *Vagi* gleich oberhalb des Herzens unmittelbar die Diastole zur Folge hat, so schliesst *Ludwig* daraus, dass die Energie des *Vagus* der Contraction des Herzens das Gegengewicht halte und dass man daher diesen Nerven nicht mit *Budge* und *Schiff* als eigentlichen Bewegungsnerven des Herzens ansehen dürfe. Was *Budge* und *Schiff* anfänglich als Beweise dafür anführten, das schien uns wegen des Complicirtseins der meisten Versuche nur von geringer Bedeutung zu sein. Es wurde z. B. die Thätigkeit des Herzens durch Sublimatvergiftung geschwächt, worauf sie bei Reizung des *Vagus* wiederum Contractionen beobachtet haben wollen. *Schiff* entfernte das verlängerte Mark, und jetzt blieb das Herz nur noch so lange thätig, als auch das ausgeschnittene Herz sich noch contrahirt haben würde. Zugegeben, dass hierbei die gehemmte Respiration nicht Ursache des raschen Absterbens des Herzens sein kann, da ja nach der Exstirpation der Lungen, wie auch *Bauduin's* Versuche lehrten, das Leben der Frösche viel länger fortbesteht, so ist es doch klar, dass die Entfernung des verlängerten Marks auf das Rückenmark und also auch auf den ganzen Organismus Einfluss haben muss, mithin nicht blos durch die Respiration und den Blutumlauf auf das Leben einwirkt. Wenn dann *Schiff* ferner fand, dass die gleichzeitige Durchschneidung der *Vagi*, der obern Halsnerven und des *Trigeminus* auf die Herzthätigkeit eben so rasch vernichtend einwirkt, als die Ausschneidung des Herzens oder der *Medula oblongata*, so wird hierdurch unseres Erachtens nicht bewiesen, dass das verlängerte Mark durch alle diese Nerven auf das Herz einwirkt, sondern nur soviel, dass das Thier nach so vielen Nervendurchschneidungen rascher stirbt. Derselbe behauptete auch ferner, dass bei geköpften Amphibien durch sehr schwache galvanische Reizung der *Vagi* der bereits verlangsamte Herzschlag beständig sich etwas beschleunigt, auch dass bei

halb erwachsenen Säugethieren, deren Herz nur noch eine zitternde Bewegung wahrnehmen liess, eine chemische Reizung des verlängerten Marks oder des *Vagus* manchmal wieder Bewegungen des ganzen Herzens hervorrief. Sodann gelang es ihm immer bei späteren Versuchen (*Froriep's* Tagesberichte Nr. 264. 1851), wo er einen Apparat benutzte, dessen Strom durch Zurückschieben des Magnets bis auf ein Minimum herabgesetzt werden konnte, durch geringe Reizung die Anzahl der Herzschläge zu vermehren. In dem Maasse, als die Reizbarkeit abnahm, musste ein stärkerer Strom angewendet werden, um noch eine solche Beschleunigung zu erzielen. *Eckhard* (a. a. O.) reizte die *Vagi* dadurch, dass er sie in eine Auflösung von Kochsalz brachte, und Anfangs, so lange die Reizung eine geringe blieb, erreichte er damit auch wirklich eine mässige Vermehrung der Herzschläge; indessen kam es bald zu einer Verlangsamung, ja, wenn beide Nerven in der Salzauflösung hingen, zu einem vollständigen Stillstehen des Herzens.

Wir werden aus diesen Versuchen noch nicht den Schluss ziehen dürfen, dass durch eine unbedeutende Reizung der *Vagi* die Anzahl der Herzschläge sich vermehrt. In keinem Falle ist man berechtigt, den Stillstand des Herzens in Folge einer stärkeren Reizung als eine durch Ueberreizung entstandene Paralyse anzusehen, und den *Vagus* als motorischen Nerven des Herzens zu bezeichnen. *Volkmann* führt mit Recht dagegen an (Hämodynamik S. 403 u. 406), dass eine Reizung des *Vagus* in dessen motorischen Fasern ans Gaumensegel u. s. w. sich durch Contractionen kundgiebt, wenn das Herz bereits stillsteht. An eine Ueberreizung kann demnach hier nicht gedacht werden und es ist also bewiesen, dass durch eine sehr verstärkte Thätigkeit der *Vagi* die Pausen zwischen den Contractionen zunehmen und zuletzt fast anhaltend werden.

Die Erklärung aller wahrgenommenen Erscheinungen stösst noch auf ein Paar nicht ganz zu beseitigende Widersprüche. Die Versuche von *Ludwig* und *Hoffa* verdienen aber unsere volle Berücksichtigung. An warmblütigen Thieren nahmen diese wahr, dass die Contractionen, welche beim Beginn der Reizung zwischen den langen Pausen eintreten, stets kräftiger sind, als jene, welche der Durchschneidung der *Vagi* vorhergingen. Zugleich fanden sie, dass, ungeachtet manche Unregelmässigkeit vorkam, die Herzschläge im Allgemeinen doch um so kräftiger waren, je länger die Diastole gedauert hatte. Daraus schliessen sie, dass die dem Herzen eigenthümlichen Bewegungskräfte durch Reizung der *Vagi* nicht geschwächt werden, dass, um figürlich zu reden, die Entwickelung der Reizbarkeit sich auf gleicher Stufe erhält. Scheinbar steht es damit im Widerspruch, dass der seitliche Druck in den Arterien während der Reizung der *Vagi* bedeutend abnimmt. *Ludwig* wies aber nach, dass der Seitendruck keinesfalls das Maas für die Kraft des Herzens ist und desshalb liess er auch die Herzcontractionen unmittelbar durch das Kymographion aufzeichnen. Zum mindesten begreift man leicht, wie die langen Pausen und die geringere Blutquantität, welche aufgenommen wird, zur Folge haben können, dass bei absolut gleicher Kraftäusserung des Herzens der Blutdruck bedeutend abnimmt. Die Beobachtung *Fowelin's* (*Schmidt's* Jahrbücher, 1851. Bd. 71. S. 279), dass nach Durchschneidung der *Vagi* der Blutdruck grösser wird (er stieg von 5,2″—5,6″ auf 7,5″—8,5″), zugleich aber auch die Anzahl der Herzcontractionen ungefähr die doppelte geworden ist (s. auch *Jacobson, de vi nervi vagi in cordis motu.* 1848. — *Longet, Anat. et Phys. du syst. nerv. T.* 2. *p.* 314), beweist eben so wenig, dass die Herzwirkung eine absolut grössere ist, als vor der Durchschneidung der *Vagi*. Diesen Thatsachen gegenüber kann also die Ansicht von *Ludwig* und *Hoffa* Geltung behalten, dass nämlich die Kraftäusserung des Herzens nicht verringert wird, sondern nur auf eine andere Weise sich vertheilt. Um diese Ansicht gehörig zu begreifen, haben wir uns vorzustellen, dass die Energie der eigentlichen Herznerven bis zu einer gewissen Höhe sich steigern muss, damit sie als Contraction in die Erscheinung trete. *Schiff* hat dieses, *Volkmann* gegenüber, recht deutlich dargethan. Wäre nicht eine gewisse Spannung Bedingung der Contraction, dann würde das Herz sich in einem beständigen gleichmässigen Grade von Contraction befinden und es

gäbe keinen Wechsel zwischen Systole und Diastole. Wir wissen nicht, weshalb die Spannung in den Herznerven nicht unmittelbar in Muskelzusammenziehung übergeht; *Ludwig* und *Hoffa* schreiben der Vaguswirkung die Kraft zu, jene Spannung zu steigern. Ihrer Hypothese stellen sich jedoch Schwierigkeiten entgegen. Zuvörderst ist die Intensität der nachfolgenden Contraction nicht immer (nach unserem Befunde bei Fröschen gar nicht) im Einklange mit der Dauer der vorangehenden Pause, so dass selbst auf eine lange Pause manchmal nur eine schwache Contraction folgt und umgekehrt. Dies nöthigt uns zu der Annahme einer partiellen Entladung der Herznerven, und dies steht mit analogen Erscheinungen einigermaassen im Widerspruch. Eine andere Schwierigkeit liegt darin, dass nach den Versuchen von *Schiff* und von *Eckhard* bei einer mässigen Reizung der *Vagi* eine Beschleunigung eintritt. Will man dabei *Ludwig's* Hypothese festhalten, so wird angenommen werden müssen, dass zu dem beschleunigten Rhythmus eine mässige Aeusserung der Nerventhätigkeit erfordert wird, womit aber die Versuche *Fowelin's* an Hunden im Widerspruch stehen, der die Anzahl der Herzcontractionen sich verdoppeln sah; oder es wird angenommen werden müssen, dass die Thätigkeit des Herzens durch eine mässige Reizung angeregt werden kann, ohne noch die Entladung der Reizbarkeit zu hemmen.

Eine ganz andere Erklärung, die noch einer nähern Prüfung werth ist, hat vor einiger Zeit *Brown-Séquard* (*Gaz. méd. de Paris.* 1854. *p.* 135) gegeben. Ihm gilt der *Vagus* als vasomotorischer Nerv der Kranzarterien: Reizung dieses Nerven bewirke deren Verengerung, Durchschneidung desselben ihre Erweiterung. Abnahme des Blutes in der Herzsubstanz soll zum Stillstande der Herzthätigkeit führen, Zunahme der Blutmenge zu erhöhter Thätigkeit des Herzens.

Viele bekannte Erscheinungen reihen sich nun aber doch schon an die experimentellen Resultate an. Dahin gehört vor allem der träge Puls bei Entzündung der Hirnhäute, wobei eine Reizung der *Vagi* zu erwarten ist. Der erregende und der deprimirende Einfluss verschiedener Gemüthserregungen macht sich gewiss auch in der Bahn des *Vagus* geltend: das raschere Schlagen des Herzens beim Erschrecken tritt nach *R. Wagner* (a. a. O.) nur alsdann ein, wenn die *Vagi* nicht durchschnitten worden sind. Es kann auch durch Reflexion auf den *Vagus* ein mittelbarer Einfluss auf das Herz zu Stande kommen. So beobachtete *Türck* (Wiener Zeitschr. Bd. 7. S. 490) bei Kaninchen langsamere Herzbewegung nach manchen peripherischen Reizungen, die aber dann nicht eintrat, wenn die *Vagi* vorher durchschnitten worden waren. Bei der Durchschneidung der *Accessorii Willisii* stellte sich nichts Aehnliches heraus.

Da durch Reizung des peripherischen Endes der durchschnittenen *Vagi* die Hemmung der Herzthätigkeit in gleicher Weise eintritt, als wenn der nichtdurchschnittene Nerv oder das verlängerte Mark gereizt würden, so ist es klar, dass hier die centrifugal leitenden Fasern der *Vagi* im Spiele sind. Deshalb ist die Erklärung *Wallach's* (*Müller's* Archiv 1851. Heft 1) ganz verwerflich, als sei der *Vagus* ein Gefühlsnerv des Herzens, welcher reflectirend auf das verlängerte Mark wirkte.

In welchen Fällen vom *Sympathicus* ein Einfluss auf die Herzthätigkeit ausgeht, das lässt sich nicht mit gleicher Zuverlässigkeit nachweisen.

Zweites Kapitel.

Die Arterien und die Bewegung des Blutes durch dieselben.

Steph. Hales, Statik des Geblütes, mit Anmerkungen von *Sauvage*. Halle 1748. (Erste Bestimmung des Blutdrucks).
Poiseuille, *Recherches sur la force du coeur aortique* in *Magendie's Journal de Physiologie. T.* 9. *p.* 341. (Hämodynamometer).
Ludwig in *Müller's* Archiv 1847. S. 242. (Kymographion).

§ 21. Bau und Eigenschaften der Arterien im Allgemeinen.

Die Arterien sind cylindrische Röhren mit dicken, elastischen und zusammenziehbaren Wänden. Die Elasticität rührt vom elastischen Gewebe her, welches in allen Häuten der Arterien enthalten ist; die Contractilität verdanken sie der Anwesenheit von muskulösen Faserzellen, die besonders in der mittlern Haut vorkommen. Die Elasticität ist eine physikalische Eigenschaft, die vom Stoffwechsel unabhängig ist und nach dem Tode unverändert fortbesteht. Die Contractilität ist eine an die Faserzellen gebundene Eigenschaft des lebenden Körpers: sie steht unter dem Einflusse des Nervensystems, tritt unter der Einwirkung verschiedener Reize in Wirksamkeit, beruht auf Stoffwechsel und geht nach dem Tode alsbald verloren. Während des Lebens wirkt die Contractilität in gleicher Weise wie die Elasticität: sie ist andauernd und gleichmässig und vermehrt den Widerstand, welchen die Gefässhäute dem Blutdrucke entgegensetzen, ohne indessen als active Bewegungskraft sich hervorzuthun. Indessen kommt ihr eine andere Bedeutung zu als der Elasticität, insofern der Tonus der Arterien unter dem Einflusse des Nervensystems zu- und abnehmen kann. Dem entsprechend kann das Lumen der Arterie bei dem nämlichen inwendigen Drucke sich bald verkleinern und bald vergrössern, und dadurch wird die relative Blutmenge in jeder Arterie einer Veränderung fähig sein. Sehr richtig ist daher der Ausspruch von *Henle*, die Blutbewegung hänge vom Herzen, die Blutvertheilung von den Arterien ab.

Die Arterien verästeln sich, indem sie sich in Aeste von ziemlich gleicher Grösse theilen, oder indem sie kleinere Aeste abgeben, während der Stamm seinen Verlauf fortsetzt. Manchmal vereinigen sich zwei Arterien zu einem Hauptstamme, z. B. die beiden *Vertebrales* zur *Basilaris*. Sehr häufig kommen auch Verbindungsäste zwischen zwei Arterien vor. Am öftersten finden sich diese Anastomosen

zwischen kleinen Aesten; allein auch zwischen grösseren Stämmen fehlen sie nicht. Bei der Verästelung der Arterien sind die Durchschnittsflächen der gesammten Aeste stets grösser als die Durchschnittsfläche des Stammes, aus denen diese Aeste unmittelbar entspringen. Demnach wird die Blutbahn im Arteriensysteme um so grösser, je näher dem Capillarsysteme sie kommt; sie hat die Gestalt eines abgestutzten Kegels, dessen abgestutzte Spitze dem *Ostium arteriosum*, die Basis aber dem Capillarsysteme entspricht.

Von den Geweben und den Lebenseigenschaften der Arterien ist in der allgemeinen Physiologie die Rede. Hier ist nur dasjenige erwähnt worden, was beim Blutumlaufe in den Arterien unmittelbar zur Anwendung kommt.

§ 22. Strömungsgeschwindigkeit, Druck und Treibkraft.

Um den Blutumlauf durch die Gefässe vollständig zu verstehen, müssen wir die Bewegung der Flüssigkeiten durch Röhren kennen lernen. Die Elasticität der Gefässe und die wellenförmige Strömung in den Pulsadern sind natürlich Complicationen dieser Bewegung. Deshalb wird es zweckmässig sein, zuvörderst die Bewegung in starren, unelastischen Röhren zu erforschen, und nachher erst zu den Modificationen überzugehen, welche durch die Elasticität der Röhren, zumal bei einer stossweisen Strömung, hervorgerufen werden.

Wenn Flüssigkeit durch eine Röhre strömt und diese Röhre ganz erfüllt, so haben wir zweierlei bei dieser Strömung zu unterscheiden, nämlich die Geschwindigkeit v, mit welcher die Flüssigkeit strömt, und den Druck D, unter welchem die strömende Flüssigkeit steht.

Die Strömungsgeschwindigkeit wird bestimmt aus der Durchschnittsfläche oder dem Lumen l der Röhre, und aus der Flüssigkeitsmenge q, welche innerhalb einer bestimmten Zeit hindurch fliesst: $v = q : l$. Den Werth von l findet man durch Messung, den Werth von q dadurch, dass man die Flüssigkeitsmenge bestimmt, welche binnen einer hestimmten Zeit aus dem Ende der Röhre fliesst und mithin jeden Durchschnitt der letzteren durchlaufen hat. — Aus der Geschwindigkeit v lässt sich die Geschwindigkeitshöhe F berechnen, nämlich aus welcher Höhe ein Körper im luftleeren Raume fallen muss, wenn er die gegebene Geschwindigkeit erlangen soll. Dies geschieht nach der Formel $F = \frac{v^2}{4\,g}$, wo g den Fallraum eines Körpers in einer Secunde bedeutet.

Der Druck oder die Druckhöhe *D* wird durch einen Druckmesser (Fig. 18) bestimmt, eine senkrechte Röhre, welche in jene Röhre einmündet, durch welche die Flüssigkeit strömt. Die Höhe *CD*, bis zu welcher die durch *AB* strömende Flüssigkeit aufsteigt, bezeichnet den Druck, unter welchem die Flüssigkeit an der Einmündungsstelle durch die Röhre *AB* fliesst und wird deshalb als Druckhöhe bezeichnet. Zwar wird durch den Druckmesser der Seitendruck auf die innere Wandung der Röhre gemessen: dieser ist aber dem Drucke gleich, welchen ein hier befindliches Flüssigkeitstheilchen in jeder Richtung ausübt, und ebenso dem Drucke aller Flüssigkeitstheilchen, welche zu dem nämlichen Durchschnitte gehören, während die Flüssigkeit in parallelen Linien durch die Röhre fliesst.

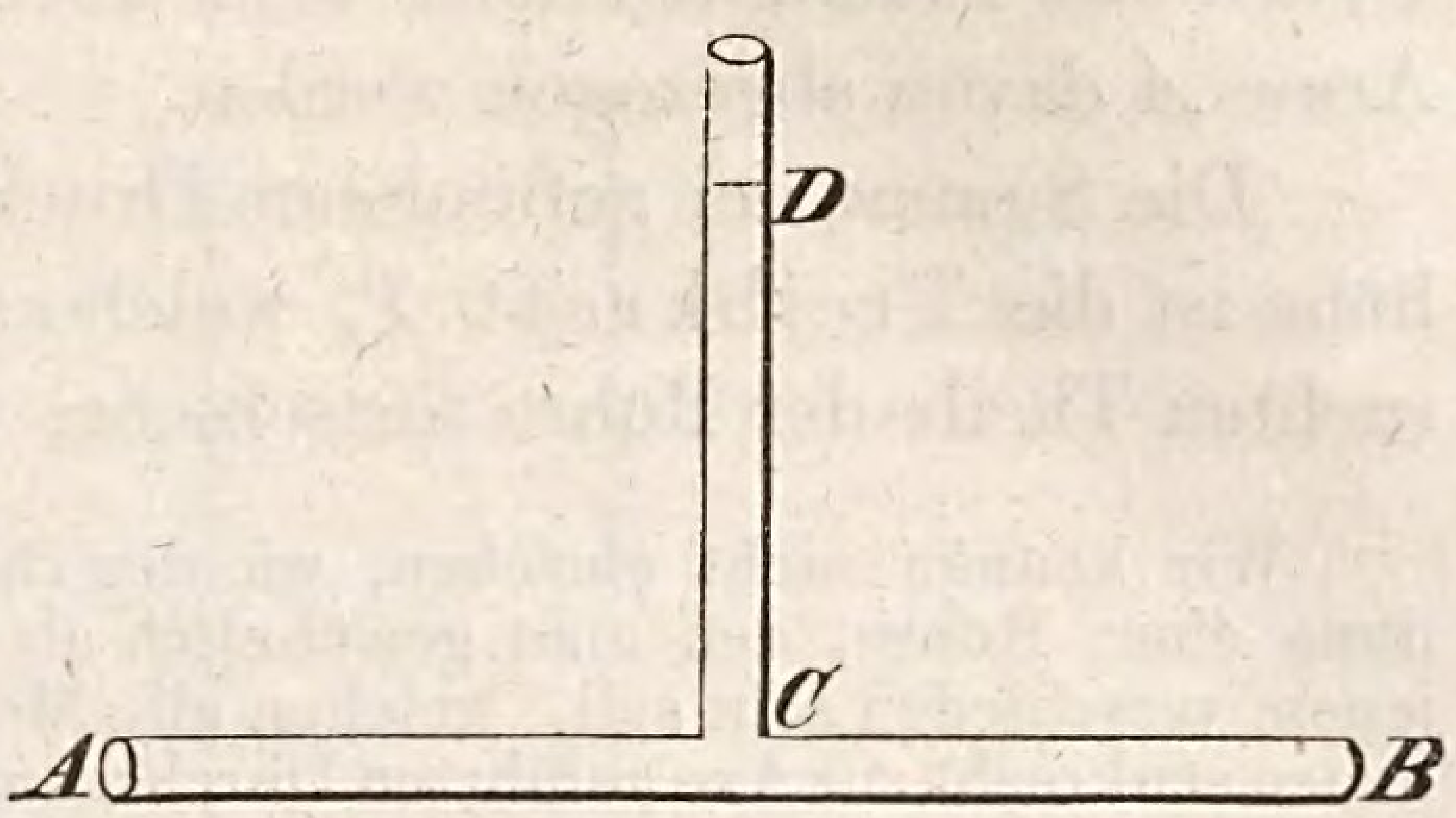


Fig. 18.

Ist der Druck einer Flüssigkeit sehr gross, so dass man zur Bestimmung der Druckhöhe einer sehr langen Röhre bedürfen würde, so benutzt man als Druckmesser ein mit Quecksilber gefülltes Manometer (Fig. 19). Das Manometer ist eine gebogene Glasröhre, in deren beiden Armen das Quecksilber gleich hoch steht, etwa bei *A* und bei *B*. Bei *a* ist der Apparat mit jener Röhre verbunden, deren Druck ermittelt werden soll, und der Raum zwischen *a* und *A* füllt sich mit der nämlichen Flüssigkeit, welche durch die Röhre strömt. Durch den Druck sinkt jetzt das Quecksilber in dem absteigenden Arme, etwa von *A* zu *A'*, und es erhebt sich gleichviel in dem aufsteigenden Arme von *B* zu *B'*. Eine Scale giebt den Unterschied

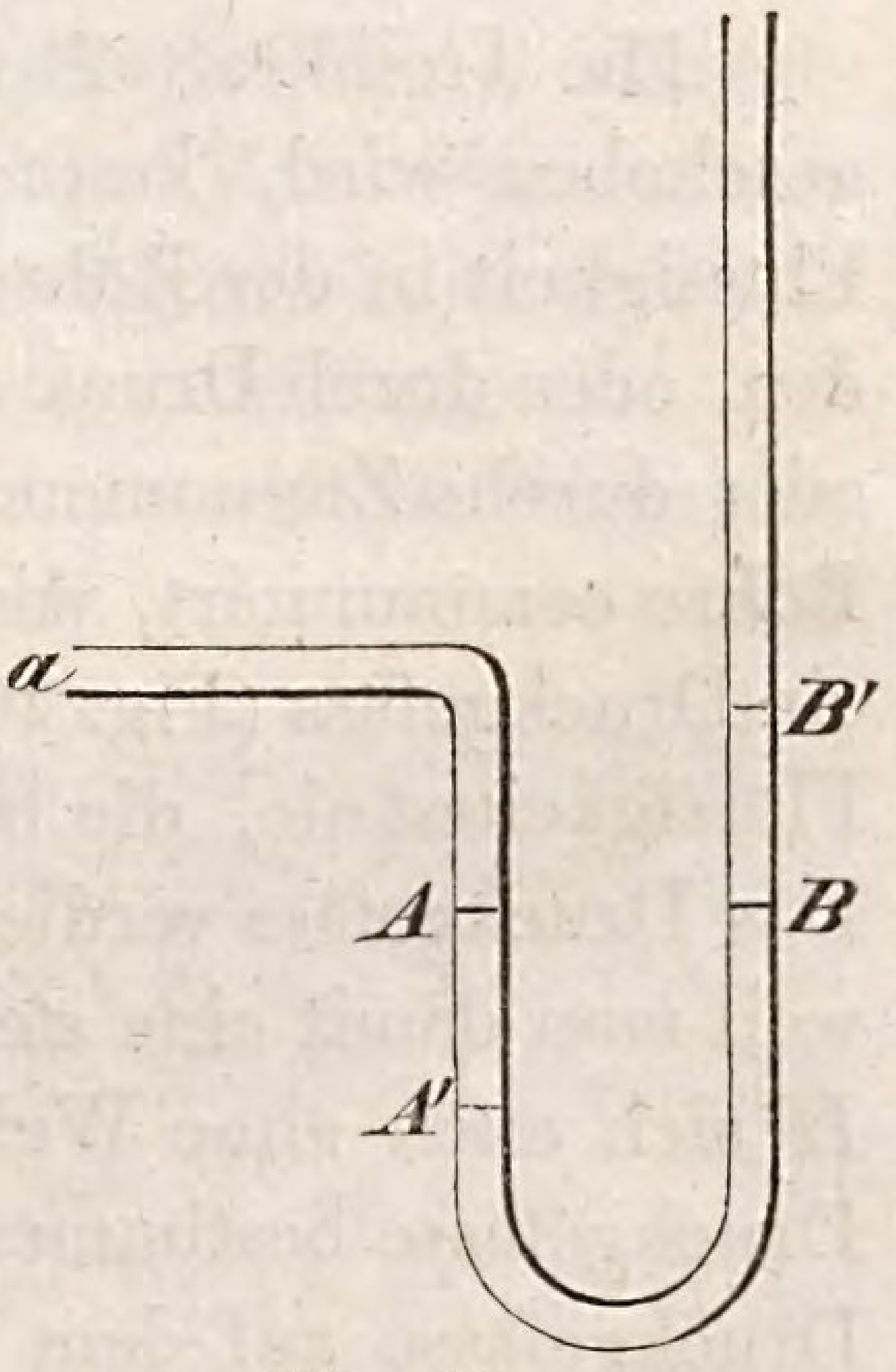


Fig. 19.

Fig. 18. Ein Druckmesser. — *AB* Die horizontale Röhre. *CD* Der senkrecht aufgesetzte Druckmesser.

Fig. 19. Ein Manometer. — *AA'* absteigender Arm. *BB'* Aufsteigender Arm. *a* Einmündungsröhre.

schied zwischen B und B' an, und diese Differenz ist die gesuchte Druckhöhe in Quecksilber ausgedrückt. Es muss nur noch der Druck der Flüssigkeit über dem Quecksilber in dem absteigenden Arme A davon abgezogen werden.

Die Summe der gefundenen Druckhöhe und Geschwindigkeitshöhe ist die Treibkraft T, welche die Flüssigkeit in dem untersuchten Theile der Röhre fortschiebt; $D + F = T$.

Wir können nicht einsehen, wie der Druck der Flüssigkeit auf die Wandung einer Röhre, den man gewöhnlich als Seitendruck bezeichnet, von jenem verschieden sein soll, welchen alle Molekeln ausüben, die in der nämlichen senkrecht zur Axe geführten Durchschnittsfläche liegen. Wäre der Druck in der nämlichen Durchschnittsfläche nicht gleich, dann müssten sich die Flüssigkeitstheilchen in der Fläche selbst verschieben, wenigstens könnte die Verschiebung nicht ausschliesslich in senkrechter Richtung zu dieser Fläche vor sich gehen. Wo letzteres der Fall ist und die Flüssigkeitstheilchen sich demnach in parallelen Linien durch die Röhre bewegen, da scheint uns der Seitendruck ein Maasstab für den Druck zu sein, der im Allgemeinen an dieser Stelle stattfindet. Etwas anderes ist es, wenn nahe der Einflussöffnung oder nahe der Stelle, wo die Form, die Weite, die Richtung der Röhre sich abändert, die Flüssigkeitstheilchen sich nicht mehr in parallelen Linien bewegen. Die Abänderung in der Form der Bewegung beweist dann, dass die in der nämlichen Ebene gelegenen Molekeln hier nicht alle den nämlichen Druck ausüben. Die Untersuchung des Drucks an einer solchen Stelle ist sehr mühevoll und die Theorie reicht bei weitem nicht aus.

§ 23. Widerstand.

Die Treibkraft T wodurch eine Flüssigkeit durch eine Röhre geschoben wird, kann sehr verschiedenen Ursprungs sein. Die Flüssigkeit in der Röhre kann durch eine Spritze fortgetrieben werden, oder durch Druck auf einen zusammendrückbaren Recipienten, oder durchs Zusammendrücken der Wände einer Höhle, womit die Röhre communicirt, wie beim Herzen u. s. w. Man kann aber auch ein Druckgefäss (Fig. 20) dazu benutzen, worin eine höher stehende Flüssigkeitssäule, die beständig im Fallen ist, als Treibkraft wirkt. Das Druckgefäss verdient bei hydraulischen Versuchen den Vorzug, weil man damit eine stetige Kraft erlangen kann, deren Druckhöhe H sich auch ohne Weiteres durch die Höhe des Wassers in dem Druckgefässe bestimmen lässt. Erhält man die Flüssigkeit in dem Druckgefässe auf dem nämlichen Stande, indem man in dasselbe immer soviel zufliessen lässt, als daraus in die Röhre mn geschoben wird, so erlangt man eine constante Kraft H, welche auf die Bewegung der Flüssigkeit einwirkt. Diese Kraft ist gleich der Höhe des fallenden Wassers in dem Druckgefässe, welches verhältnissmässig weit sein muss, damit dieses Herabfallen keinen Widerstand erfährt.

Beim Einströmen der Flüssigkeit aus dem Druckgefässe in die Röhre *mn* und bei deren Fortbewegung durch die Röhre selbst,

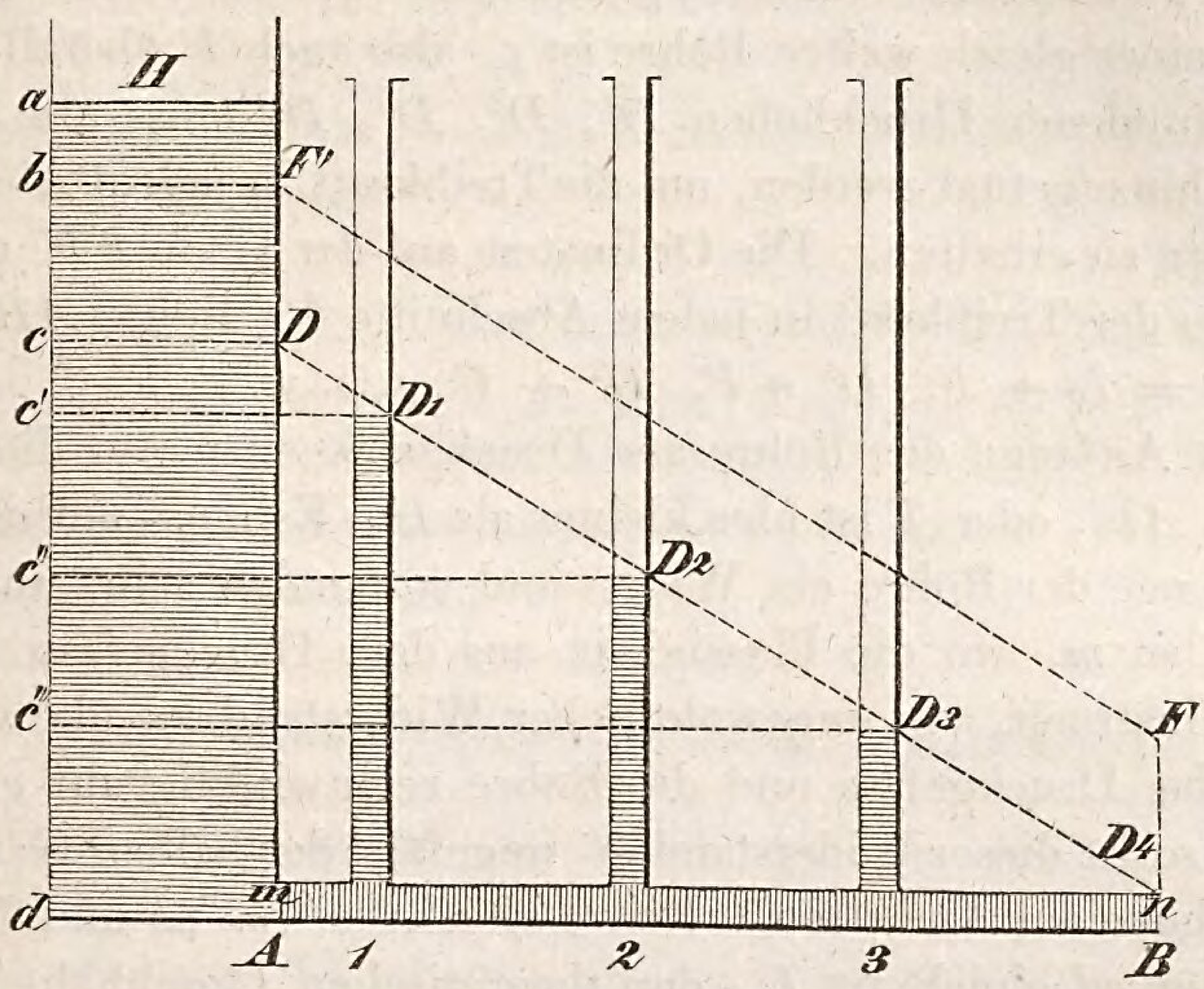


Fig. 20.

nimmt die ursprüngliche Kraft *H* fortwährend ab, in Folge des Reibungswiderstandes, den die Flüssigkeit bei der Fortbewegung erfährt. Diese Abnahme wird alsbald sichtbar, wenn man untersucht, bis zu welcher Höhe das bei *n* ausströmende Wasser aufsteigen kann. Man findet, dass das von *H* herabgefallene Wasser nur noch bis *F* empor steigt. *F* ist die Geschwindigkeitshöhe und nur diese ist noch von *H* als Bewegungskraft übrig geblieben; $H - F$ ist als Widerstand *W* aufgegangen. Also: $H - F = W =$ der Summe aller Widerstände, oder $H = W + F$.

Strömt die Flüssigkeit durch eine überall gleich weite Röhre, dann ist der Widerstand in der Röhre deren Länge proportional. Dies ergiebt sich aus dem Stande der Flüssigkeit in den drei Druckmessern D^1, D^2, D^3; eine gerade Linie, welche dieselben vereinigt, schneidet auch das Ende der Abflussröhre, wo $D^4 = o$ ist. Der Druck nimmt also gleichmässig in der ganzen Röhre ab, d. h. an jeder Stelle geht gleichviel von der Treibkraft durch den Widerstand verloren und es steht der Widerstand im geraden Verhältniss

Fig. 20. Ein Druckgefäss. — *H* Das Druckgefäss mit Flüssigkeit erfüllt. *AB* Eine Communicationsröhre, welche genau am Boden rechtwinklig damit verbunden ist. *m* Die Einflussöffnung. *n* Die Ausflussöffnung. D^1 D^2 D^3 Drei Druckmesser, welche senkrecht auf der Communicationsröhre stehen.

zur Länge der Röhre. Wird die Röhre bei n geschlossen, dann kommt die Flüssigkeit schnell zur Ruhe und in allen Druckmessern steht sie gleich hoch wie im Druckgefässe.

In einer gleich weiten Röhre ist v, also auch F überall gleich. Den gefundenen Druckhöhen D^1, D^2, D^3, D^4 muss also überall noch F hinzugefügt werden, um die Treibkraft in jedem Abschnitte der Röhre zu erhalten. Die Ordinaten auf der Linie FF' entsprechen also der Treibkraft in jedem Abschnitte der Röhre AB. Dieselbe ist $= D + F$, $D^1 + F$, $D^2 + F$ u. s. w.

Am Anfange der Röhre am Druckgefässe ist also die Treibkraft $= AF'$, oder T ist hier kleiner als H. Es muss mithin schon am Anfange der Röhre ein Widerstand vorhanden sein, und wirklich ist bei m, wo die Flüssigkeit aus dem Druckgefässe in die Röhre einströmt, ein ungewöhnlicher Widerstand zu überwinden. Wenn das Druckgefäss und die Röhre rechtwinklig auf einander stossen, so ist dieser Widerstand w'' ungefähr der halben Geschwindigkeitshöhe am Anfange der Röhre gleich; $w'' = ab$ und $F = bc$. Da ferner cd gleich ist D, der theoretischen Druckhöhe in der Röhre zunächst dem Druckgefässe, so haben wir

$$H = D + F + w''.$$

Ist w' der gewöhnliche Widerstand in der Röhre bis zu dem Abschnitte, wo der Druck D^1 gemessen wird, so ist $D = D^1 + w'$. Setzen wir nun $D^1 + w'$ für D, so können wir die Formel $H = D + F + w''$ für jeden Abschnitt der Röhre benutzen,

$$H = (D^1 + F) + (w'' + w')$$
$$H = T + (w'' + w').$$

Bei 1 haben wir demnach $D^1 = dc'$, $F = cb$, $w' = c'c$, $w'' = ab$, zusammen $= H$; bei 2 haben wir $D^2 = dc''$, $F = cb$, $w' = c''c$, $w'' = ab$, zusammen wiederum $= H$ u. s. w.

Da der Widerstand w'' beim Einströmen der Flüsigkeit in die Röhre etwa $= \frac{1}{2} F$ ist, so kann w'' nur wenig in Betracht kommen, wenn F^1 im Verhältniss zu H und zu w sehr klein wird, wie es beim Blutumlaufe der Fall ist. Ueberdiess wird bei der Art und Weise, wie die Einströmung aus dem Herzen in die Arterien geschieht, der Widerstand w'' fast ganz ausser Rechnung fallen.

Das Vorhandensein des Widerstands w'', den die Flüssigkeit beim Eintritte aus dem Druckgefässe in die Röhre oder richtiger in den Anfang der Röhre erfährt, ergiebt sich deutlich aus Versuchen mit kurzen Ausflussröhren, deren Länge nur 2 bis 3mal grösser ist als ihr Durchmesser, bei denen man deshalb den Röhrenwiderstand vernachlässigen kann. Fände kein Widerstand statt, so müsste man eine Geschwindigkeit finden, welche H gleich käme. Durch

senkrecht angesetzte Röhren stellte sich aber heraus, dass v nur etwa 0,815 der theoretischen Geschwindigkeit v' ($v' = 2\sqrt{gH}$ oder $\frac{v'^2}{4g} = H$) war. Bei *Weisbach's* Versuchen (Die Experimentalhydraulik. 1855. S. 83) war, wenn $H=0,1575$ Meter war, $v=0,803\,v'$, und war $H=96$ Meter, so stieg v bis $0,827\,v'$; demnach steigt der Widerstand w'' bei vermehrter Druckhöhe nicht proportional. Nehmen wir $v=0,815\,v'$, so ist die Druckhöhe, wozu die Geschwindigkeit v gehört, $\frac{v^2}{4g} = (0,815)^2 H$

$\frac{v'^2}{4g} = 0,664\,H$. Der Verlust an Druckhöhe, durch den Widerstand w'' herbeigeführt, ist also $= 0,336\,H$, d. h. etwa die Hälfte jener mit der Geschwindigkeit v übereinstimmenden Druckhöhe $0,664\,H$. Diese Verlustbestimmung passt auch auf lange Röhren, so dass w'' etwa $= \frac{1}{2}\frac{v^2}{4g}$ in Rechnung gesetzt werden muss.

§ 24. Verhältniss zwischen Widerstand und Druckhöhe.

In Röhren, die überall gleich weit sind, in denen also die Strömungsgeschwindigkeit überall die nämliche ist, kommt die an jedem Punkte gefundene Druckhöhe D dem Widerstande w gleich, der noch bis zur Ausflussöffnung n überwunden werden muss. Der Beweis dafür liegt im vorigen Paragraphen. Wir fanden:

$H = W + F$; ferner

$H = F + D^1 + (w'' + w')$: also

$W = (w'' + w') + D^1$. Nun ist aber auch

$W = (w'' + w') + w$

d. h. der Gesammtwiderstand W ist gleich der Summe der Widerstände vor und hinter der untersuchten Stelle. In Röhren von gleicher Weite ist also $D^1 = w$.

Hat die Röhre eine ungleiche Weite, dann ist die Geschwindigkeitshöhe F an der Ausflussöffnung aus der Röhre grösser oder kleiner, als die Geschwindigkeitshöhe F' an der untersuchten Stelle. Wir haben dann $D^1 = w + F - F'$. Daraus folgt, dass die an einer bestimmten Stelle gefundene Druckhöhe kleiner ist, als der noch zu überwindende Widerstand, falls die Strömungsgeschwindigkeit grösser ist als an der Ausflussöffnung, und umgekehrt. Wir kommen auf diesen letzten Punkt näher zurück.

Nach *Volkmann* (Hämodynamik S. 32) sollte auch in Röhren mit gleichbleibendem Durchmesser der Druck D, welcher an einer bestimmten Stelle wirkt, dem Widerstande w, welcher von da bis zur Ausflussöffnung überwunden werden muss, nicht gleich sein. Diese Behauptung ist aber unverträglich mit den Principien der Dynamik, denen zu Folge ein Körper nur dann eine constante Geschwindigkeit behalten kann, wenn die auf denselben wirkenden Kräfte unter einander im Gleichgewichte sind und also einander aufheben.

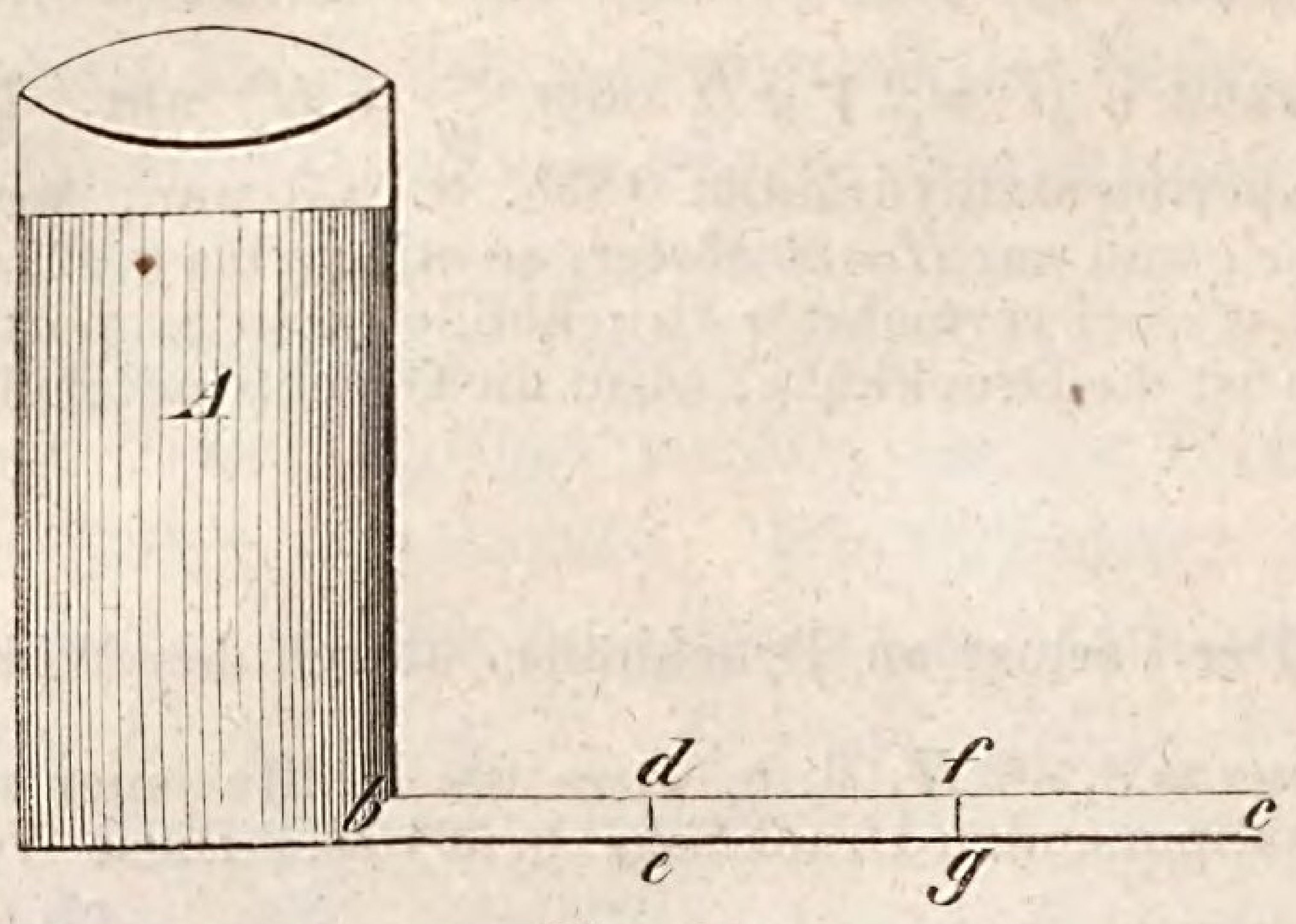


Fig. 21.

Dieser Satz lässt sich auf den in Fig. 21 dargestellten Fall anwenden. In dem Druckgefässe *A* behält dle Flüssigkeit fortwährend das gleiche Niveau, während sie durch die horizontale Röhre *bc* ausströmt. Auf jede Flüssigkeitssäule zwischen zwei Durchschnitten *de* und *fg* wirken folgende Kräfte:

1. Der Druck auf die Fläche *de*, welcher von *b* nach *c* geht.

2. Der Druck auf die Fläche *fg*, welcher in umgekehrter Richtung von *c* nach *b* wirkt.

3. Der Reibungswiderstand, welcher, gleich der vorgenannten Kraft, dem Drucke auf *de* entgegengesetzt wirkt.

Bezeichnen wir den Druck auf *de* als D^1, den Druck auf *fg* als D^2, den Widerstand zwischen beiden aber als w', so ist $D^1 = D^2 + w'$, oder $w' = D^1 - D^2$. Verlegen wir nun aber den Durchschnitt *fg* an das Ende der Röhre *bc*, dann wird $D^2 = 0$, und für w', den Widerstand von *de* bis zur Mündung *c*, haben wir dann $w = D^1$.

Freilich will *Volkmann* durch Versuche verschiedene Werthe für w und für D gefunden haben. Bei seinen Versuchen bestimmte er H, v und D^1, und D berechnete er bis zum Druckgefässe hin nach der Länge der Röhre. Berechnete er nun jetzt aus der gefundenen Geschwindigkeit v die Geschwindigkeitshöhe F, so fand er $H - F = w$ grösser als D. Dieses Resultat kann uns aber nicht befremden, wenn wir bedenken, dass *Volkmann* jenen Widerstand, welchen die Flüssigkeit des Druckgefässes beim Eintritte in die horizontale Röhre findet (s. § 23) ganz ausser Berechnung gelassen hat. $W - D$ nennt er s und dieses s kann also nichts anders sein als unser w'' im vorigen Paragraphen. Wir fanden dort w'' ungefähr $= \frac{1}{2} F$. Also ist auch in *Volkmann's* zwei ersten Beobachtungsreihen (S. 35 u. 36) s ebenfalls ungefähr $= \frac{1}{2} F$. Auch in den Versuchen, welche *Volkmann* S. 77 mittheilt, ist $s = \frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3} F$. Nur in der dritten Beobachtungsreihe, wo eine viel engere Röhre von 1,578 Mill. Durchmesser benutzt wurde, ist s viel grösser als $\frac{1}{2} F$. Vielleicht ist aber auch in engeren Röhren w'' viel grösser, worüber wir eben mit Prof. *van Rees* Versuche anstellen. Um so eher ist wohl der von *Volkmann* gefundene Unterschied zwischen D und w dem zuzuschreiben, dass der Widerstand w'' ausser Rechnung gelassen wurde, da derselbe bei einem niedrigern Drucke $\frac{s}{F}$ grösser und grösser fand, wie es nach den oben mitgetheilten Resultaten *Weisbach's* zu erwarten ist. Auch unsere bisher mit Prof. *van Rees* gewonnenen Resultate bestätigen den Satz: je enger die Röhre ist, bei desto höherem Drucke fängt schon die regelmässige Zunahme des Widerstands an der Einflussöffnung an. Auch werden wir weiterhin sehen, dass andere Versuche *Volkmann's* bei dieser Annahme ihre Erklärung finden.

§ 25. Ursprung des Widerstands.

Der Widerstand, welchen eine durch eine Röhre strömende Flüssigkeit findet, ist in der Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen zu

Fig. 21. Ein Druckgefäss mit horizontaler Röhre.

suchen, welche überwunden werden muss, damit sich die Flüssigkeit in einer Röhre bewegen kann. Bei dieser Bewegung haben nämlich die Theilchen eine ungleiche Geschwindigkeit: die Theilchen jener Schicht, welche unmittelbar an die Innenfläche der Röhre grenzt und durch Adhäsion damit verbunden ist, verbleiben in Ruhe, die Geschwindigkeit der unendlichen Anzahl concentrischer Schichten aber, aus denen wir uns die Flüssigkeitssäule zusammengesetzt denken können, wird um so grösser, je näher der Röhrenaxe die Schichten sich befinden. Eine Folge der ungleichen Geschwindigkeit ist es, dass die Cohäsion an den Grenzen jeder kleinsten Schicht überwunden, dass die Theilchen hier aus einander gerückt werden müssen. Es folgt hieraus, dass v nur die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ausdrückt.

Mit dieser Vorstellung stimmt es, dass die Materie, woraus die Röhrenwand besteht, ohne Einfluss auf den Widerstand ist, dass dagegen der Widerstand in der nämlichen Röhre durch die Art und durch die Cohäsion der durchströmenden Flüssigkeit bestimmt wird. Wasser z. B. erfährt weniger Widerstand als Blut, und bei erhöhter Temperatur nimmt der Widerstand ab.

Da der Widerstand W die Folge der Bewegung ist, so muss er natürlich in der nämlichen Röhre mit der Strömungsgeschwindigkeit v zunehmen. Wäre W genau proportional v^2, so würde man für jede Röhre Einen Widerstandscoefficienten a durch Versuche bestimmen können, und der Widerstand würde sich für jede Geschwindigkeit nach der Formel $W = av^2$ berechnen lassen. Indessen hat es sich herausgestellt, dass W nicht gleich rasch als v^2 wächst; deshalb muss man für jede Röhre zwei Widerstandscoefficienten a und b berechnen, von denen der zweite nur mit v multiplicirt wird. Die Formel wird dann: $W = av^2 + bv$. Sind a und b durch einige Versuche bei ungleicher Geschwindigkeit für eine Röhre berechnet worden, so findet man diese Formel für jede Geschwindigkeit ausreichend.

Den grössten Einfluss auf den Widerstand hat der Durchmesser d der Röhren. Bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit nämlich ist W um so grösser, je kleiner d ist. Es verhält sich aber W nicht umgekehrt proportional zu d; seine Zunahme erfolgt rascher, als die Abnahme von d.

Die Gleichung $W = av^2 + bv$ ist eine ganz empirische und die Erklärung, welche man von beiden Coefficienten zu geben gesucht hat, scheint eine ganz willkürliche zu seyn. Die Theorie vermag schon deshalb nicht den Einfluss der

Strömungsgeschwindigkeit zu bestimmen, weil man die verhältnissmässige Geschwindigkeit der verschiedenen concentrischen Schichten nicht kennt. Soviel ist klar, dass mit der Strömungsgeschwingigkeit der Widerstand zunimmt, und dass beide, nur in einem variabeln Verhältniss zu einander, sich dergestalt entwickeln, dass $F + W = H$ ist. Wegen der Veränderlichkeit des Verhältnisses $F : W$ sind $H : W$ und $H : F$ keine constanten Grössen. Vergleicht man das Verhältniss, worin W und F in den Formeln $F = \frac{v^2}{4g}$ und $W = av^2 + bv$ zur Strömungsgeschwindigkeit stehen, so ergiebt sich, dass F im quadratischen Verhältniss der Schnelligkeit zunimmt, W dagegen nicht so rasch wächst. Deshalb steigt $H : W$ mit H, während $H : F$ sich umgekehrt verhält.

Volkmann ist der Meinung (S. 26), dass diess durch seine Versuche nur für weitere Röhren bewiesen werde. Bei Röhren von 2,86 und 2,04 Millim. Durchmesser wurde, wenn H zunimmt, für $H : W$ bald eine Zunahme bald eine Abnahme gefunden, bei Röhren von 1,94 und 0,75 Millim. D. dagegen zeigte sich, wenn H zunahm, für $H : W$ eine beständige Abnahme. Sind *Volkmann's* Versuche und Erläuterungen richtig, so wird daraus folgen, dass die Formel $W = av^2 + bv$ nur für Röhren von mehr denn 2,86 Mill. Durchmesser gültig ist. Wenn F nach der feststehenden Formel $F = \frac{v^2}{4g}$ berechnet wird, dann muss wenigstens W, damit es schneller zunehmen und abnehmen könne als H und F, nach einer Formel berechnet werden, worin v mit einem höheren Exponenten als v^2 vorkommt, etwa nach der Formel $W = a'v^3 + b'v^2$. Diess würde den Werth der sonst so brauchbaren Gleichung $W = av^2 + bv$ beschränken. Es macht sich deshalb nöthig, genau nachzusehn, ob *Volkmann's* Versuche das beweisen, was er daraus ableitet.

Ich benutze, sagt *Volkmann* (S. 25), zu den Beobachtungen Röhren von 0,5 Meter Länge und verschiedenem Durchmesser, welche unmittelbar am Boden eines Wasserbehälters H in horizontaler Richtung angebracht wurden (Fig. 22). Ein Druckmesser B wurde 100 Millim. unterhalb der Einflussmündung m angebracht, um zur Bestimmung des Widerstandes zu dienen: (d. h. D am Anfange der Röhre wurde für W genommen). Der unmittelbar beobachtete Seitendruck D^1 wurde dann benutzt, um den Seitendruck D an der Einflussmündung zu berechnen, welcher nach früheren Auseinandersetzungen dem Widerstande proportional ist. — *Volkmann* hat also die in der Röhre B gefundene Grösse D^1 für die 100 Millim. Abstand zwischen B und m um $\frac{1}{4}D^1$ erhöht, also $\frac{5}{4}D^1 = W$ genommen. $H - W$ bezeichnet er dann weiterhin in seinen Tabellen als F. Es erhellt hieraus, dass *Volkmann* den Widerstand w'' beim Eintritte der Flüssigkeit in die Röhre bei m, wovon § 24 die Rede war, wiederum vernachlässigt hat. Ist dieser Widerstand $w'' = \frac{1}{2}\frac{v^2}{4g}$, d. h. $= \frac{1}{2}F$, dann wird in *Volkmann's* Tabellen $H - W = 1\frac{1}{2}F$. Seine erste Beobachtungsreihe

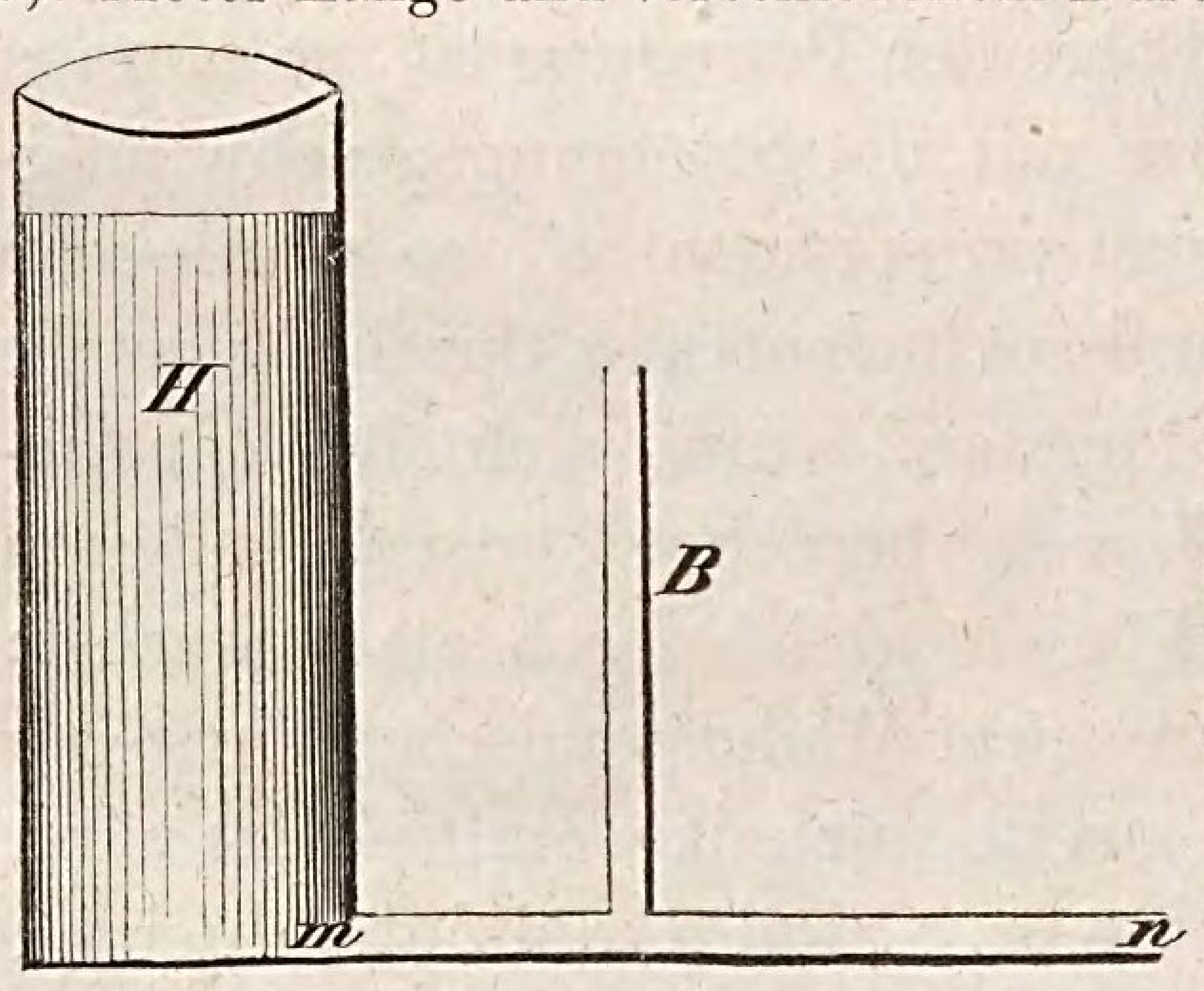


Fig. 22.

H	W	$H:W$	$H-W$
887	402	2.21	485
828	376	2.20	452
. . .	. . .	. . .	. . .
109	52	2.10	57

Fig. 22. Ein Druckgefäss mit Druckmesser.

würde dann so zu lesen seyn:

H	W $(= D + \frac{1}{2}F)$	$H : W$	$H - W$
887	564	1.573	323
828	527	1.571	301
. . .	. . .	. . .	. . .
109	71	1.535	38

Oder wollen wir die Treibkraft T am Anfange der Röhre mit dem Widerstande w in der Röhre selbst vergleichen, was richtiger zu sein scheint, so haben wir:

T $(= H - \frac{1}{2}F)$	W	$T : W$	$T - W$
725	402	1.80	323
677	376	1.80	301
. . .	. . .	. . .	. . .
90	52	1.73	38

Durch diese Correctionen wird es aber noch nicht vermieden, dass in den dünneren Röhren eine Unregelmässigkeit in der Zunahme und Abnahme von $H : W$ oder von $T : W$ gegenüber der Zunahme und Abnahme von H und von T hervortritt, und in den dünnsten Röhren eine continuirliche Zunahme von $H : W$ oder von $T : W$. Die beiden letzten Beobachtungsreihen *Volkmann's* mit den dünnsten Röhren von 1,94 und 0,75 Mill. Durchmesser scheinen einen Wink über die Ursache dieser Abweichung zu enthalten. In diesen Reihen steigt nicht blos $H : W$, wie H abnimmt, wobei auch $H : F$ abnimmt, sondern es wird auch F, welches $= H - W$ berechnet worden ist, mit der Abnahme von H absolut grösser. So verhält es sich fortdauernd in der 8. Beobachtungsreihe von $H = 883$ bis $H = 79$, und in der 7. Reihe wenigstens von $H = 2330$ bis $H = 1131$. Es ist ein Widerspruch, wenn $H - W = F$ wächst, während H abnimmt. Nothwendig muss also ein grösserer Widerstand vorkommen, als der aus der Druckhöhe abgeleitete, und da dieser Widerstand, wie die Druckhöhe in der Röhre lehrt, in der Röhre selbst nicht vorkommt, so muss er bei m gesucht werden, der Einflussöffnung der horizontalen Röhre. Verhält sich die Sache so, dann wird sich der Widerstand beim Einströmen in engere Röhren nicht nach der Formel $w'' = \frac{1}{2}\frac{v^2}{4g} = \frac{1}{2}F$ berechnen lassen, sondern es ist derselbe in engeren Röhren viel grösser und er kann F selbst einige Male übertreffen. Dieser grössere Widerstand beim Einströmen in engere Röhren wird sehr wahrscheinlich, wenn wir auf *Volkmann's* dritte Beobachtungsreihe achten, wo in einer Röhre von nur 1,578 Millim. Durchm. nicht allein H und D^1, sondern auch v bestimmt wurden, und wo aus v, nach der Formel $F = \frac{v^2}{4g}$, F berechnet wurde. $H - (D + F) = s$ ist nach § 24 als w'' zu betrachten, nämlich als der Widerstand beim Einströmen in die Röhre. Ist nun $H = 2000$ Millim., dann ist s oder $w'' = 199$, also schon grösser als $F = H - W = 176$, nämlich $= 1,2\,F$; ist $H = 1000$ Mill., dann ist $s = 81$, $F = 39$, d. h. $s = 2\,F$; ist $H = 200$ Millim., dann ist $s = 6$, $F = 2$, d. h. $s = 3\,F$. Dagegen wurde mit den weiteren Röhren in der 1. und 2. Beobachtungsreihe s ungefähr $= \frac{1}{2}F$ gefunden, und diess stimmt mit den Resultaten, welche *Weisbach* beim Ausfliessen aus kurzen Ansatzröhren von 10 Millim. Durchm. erhielt. Versuche mit engeren Röhren, wodurch unsere Erklärung der Resultate *Volkmanns* erprobt werden könnte, hat *Weisbach* nicht angestellt. Wir haben aber, wie schon erwähnt, dergleichen mit Prof. *van Rees* angefangen und gefunden, dass beim Kleinerwerden von H eine um so raschere regelmässige Zunahme von s oder w'' statt findet, je kleiner der Durchmesser des Ansatzröhrchens ist.

Soviel glauben wir folgern zu dürfen, dass die Gültigkeit der Formel $W = av + bv^2$, welche *Volkmann* bei der Erklärung seiner Versuche mit Röhren von weniger als 2,86 Millim. Durchm. bestimmt verwerfen musste, noch keineswegs von ihm widerlegt wurde, weil die Resultate dieser Versuche unter

Beibehaltung genannter Formel ihre vollkommene Erklärung finden, insofern der Widerstand beim Einströmen in enge Röhren grösser ist als $\frac{1}{2}\frac{v^2}{4g}$ und, wie es bestimmt der Fall ist, mit Abnahme der Druckhöhe steigt.

§ 26. Einfluss einer ungleichen Weite der Röhre.

Wenn eine Flüssigkeit durch eine Röhre von ungleicher Weite strömt, dann ist die Strömungsgeschwindigkeit an jedem Punkte umgekehrt proportional dem Durchschnitte, in cylindrischen Röhren also umgekehrt proportional dem Quadrate der Durchmesser.

Wenn (Fig. 23) an der Röhre *ABCDE* das Stück *B* doppelt

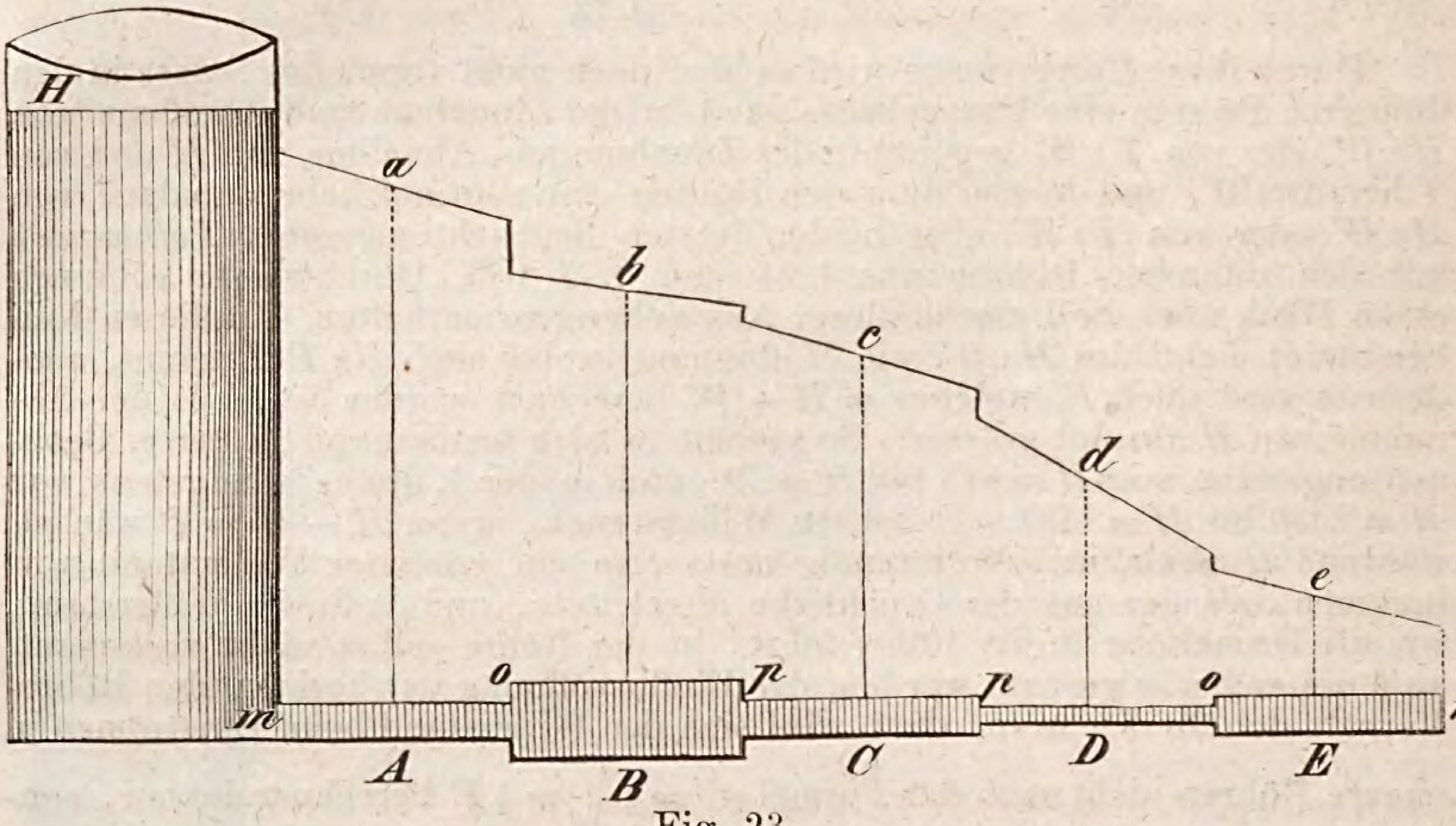


Fig. 23.

so weit, das Stück *D* nur halb so weit ist, als die Abschnitte *A, C, E*, so wird die Strömungsgeschwindigkeit v in *B* zwei Mal kleiner, in *D* zwei Mal grösser seyn, als in den übrigen Röhrenabschnitten. Ist die Strömungsgeschwindigkeit an der Ausflussöffnung n, gleichwie in A, C und $E = v$, so wird dieselbe in $B = \frac{1}{2}v$, in $D = 2v$ seyn.

Die Treibkraft T kann in derartigen Röhren nicht gleichmässig abnehmen. Dieselbe ist $= H - (w' + w'')$, wobei $w' + w''$ den bereits überwundenen Widerstand bezeichnet. Nun ist der Widerstand in engeren Röhren grösser, und T wird deshalb in B am wenigsten, in D am meisten abnehmen. Ausser dem Widerstande bei m, den wir früher bereits kennen gelernt haben, kommt nun aber auch bei jeder plötzlichen Veränderung des Lumens der Röhre ein besonderer Widerstand vor, der grösser zu seyn scheint, wo die

Fig. 23. Druckgefäss, dessen horizontale Röhre abwechselnd weiter und enger wird.

Röhre sich erweitert (o,o), als wo sich dieselbe verengert (p,p). Durch einen solchen Widerstand geht allemal Kraft verloren. An der Linie *abcde*, welche die Treibkraft in der Röhre vorstellt, zeigt sich daher folgendes: 1. Bei jeder Formveränderung der Röhre fällt dieselbe fast gerade nach unten. 2. Die Abschnitte *a*, *c* und *e* sind einander parallel, *b* ist weniger, *d* dagegen stärker nach unten geneigt.

Wird auf dieser Linie *abcde* die Geschwindigkeitshöhe überall von der Treibkraft abgezogen, so erhalten wir den Druck für jeden einzelnen Abschnitt, nämlich $T - F = D^1$. Nun ist für A, C und E, wie wir oben gesehen haben, $F = \frac{v^2}{4g}$, für B ist $F = \frac{(\frac{1}{2}v)^2}{4g}$, für D ist $F = \frac{(2v)^2}{4g}$. Es muss mithin in B vier Mal weniger, in D vier Mal mehr von der Treibkraft abgezogen werden, um den Druck zu finden. Die getüpfelten Linien, welche von *a*, *b*, *c*, *d*, *e* ausgehen, deuten an, um wie viel der Druck an jedem Abschnitte hinter der Treibkraft zurückbleibt; jene Linien, welche von den getüpfelten ausgehen und auf die Röhre treffen, vergegenwärtigen die Druckhöhe in der Röhre.

Man ersieht daraus leicht, dass in A, C und E der Druck gleich ist dem noch zu überwindenden Widerstande, dass aber der Druck in B grösser, in D kleiner seyn wird, als der noch zu überwindende Widerstand. Insofern nun die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den Pulsadern grösser ist, als in den grossen Venen zunächst dem Herzen, so wird der Blutdruck in jenen, abgesehen von den Hülfskräften in den Venen, auch etwas niedriger seyn, als der annoch zu überwindende Widerstand.

Volkmann hat übersehen, dass die Geschwindigkeitshöhe an jedem Punkte einer Röhre zur Treibkraft mitgehört, und dass der Druck deshalb nothwendiger Weise in jenem Abschnitte einer Röhre, wo die Strömungsgeschwindigkeit eine grössere ist, geringer ausfallen muss. Er hat dem zu Folge angenommen, der Druck werde an jeder Stelle dem noch zu überwindenden Widerstande gleich seyn, was doch nur für jene Röhrenabschnitte gilt, in denen die Geschwindigkeit gleich gross ist, als an der Ausflussöffnung. Ferner hat *Volkmann*, weil er die Strömungsgeschwindigkeit nicht in Rechnung brachte, zur Erklärung seiner Versuche (S. 46) eine negative Stauung dort angenommen, wo die Flüssigkeit aus engen in weite Röhren tritt. Die negative Stauung setzt aber eine Kraftvermehrung in der Röhre voraus, während doch nothwendig eine Kraftverminderung dort entstehen muss, wo ein Widerstand überwunden wird.

Berechnet man die Geschwindigkeitshöhe in dem engeren und weiteren Röhrenabschnitte, so findet man auch, dass am Anfange des weitern Abschnittes die Kraft nicht zugenommen sondern abgenommen hat, und diess rührt von dem besondern Widerstande her, welchen die Flüssigkeit beim Eintritte in die weitere Röhre findet.

Die Resultate einer Reihe von Versuchen, welche *Volkmann* mittheilt, erklären sich ebenfalls, wenn man von diesem Gesichtspunkte ausgeht. Bestimmt gehören dahin die Versuche, welche im dritten Kapitel (Von der Bewegung der Flüssigkeit durch ein System verzweigter Röhren) mitgetheilt werden: der wahrgenommene Druck blieb *Volkmann* häufig räthselhaft, weil er nicht in Betracht zog, dass dort, wo die Strömungsgeschwindigkeit wegen Erweiterung des Apparates abnahm, die Treibkraft sich grösseren Theils als Druckkraft äusserte. Hätte er dieses berücksichtigt, dann würde es ihm deutlich geworden seyn, warum in einem symmetrischen Systeme verzweigter Röhren, in dessen Mitte die Bahn für die Flüssigkeit am weitesten war, der Druck in dieser Mitte mehr denn die Hälfte des Gesammtdruckes betrug, obwohl dort bereits soviel, oder eigentlich schon mehr von dem Widerstande überwunden war, als noch zu überwinden bevorstand, — warum, wenn eine Röhre sich in einen engern und einen weitern Ast spaltet, die sich späterhin wieder vereinigen, der Druck in der engern Röhre, wo die Strömungsgeschwindigkeit eine geringere ist, grösser gefunden wurde, — warum in dem Apparate, wo eine Röhre sich in 9 Aeste theilte, welche sich dann wieder zu einer einzigen Röhre vereinigten, der Druck in einer der 9 Röhren, worin die Strömungsgeschwindigkeit natürlich viel geringer war, selbst höher steigen konnte, als er sich in der noch ungetheilten Röhre herausstellte u. s. w.

Von grossem Gewichte ist das hier Entwickelte für den Blutumlauf: es hängt namentlich mit der Frage zusammen, ob der Blutdruck in den grossen Arterien grösser oder geringer ist als in den kleineren. Die Treibkraft erleidet an jeder Stelle durch den Widerstand einen Verlust und deshalb nimmt sie ohne Zweifel in den Arterien nach der Peripherie hin ab; dabei wird aber die Blutbahn eine geräumigere, die Strömungsgeschwindigkeit nimmt ab, und während die Treibkraft dergestalt als Geschwindigkeitshöhe mehr und mehr abnimmt, wird sie sich immer mehr als Blutdruck geltend machen. Es fragt sich nun, ob der Widerstand in den grossen Gefässen bedeutender ist, als die Abnahme der Geschwindigkeitshöhe. Wir glauben diess bejahen zu müssen, und nehmen deshalb an, dass der Blutdruck in den Arterien nach der Peripherie hin allmählig abnimmt. (*Nederl. Lancet, 3e Serie. IV.* 602.)

§ 27. Andere ungewöhnliche Widerstände.

Der Widerstand, welchen eine Flüssigkeit beim Strömen durch eine Röhre findet, rührt, wie wir sahen, davon her, dass die Cohäsion überwunden werden muss (§ 25): überall, wo Theilchen mit ungleicher Geschwindigkeit sich neben einander bewegen, müssen Theilchen, welche durch Cohäsion verbunden sind, aus einander gerückt werden. Ohne Kraftverlust kann dies nicht geschehen. Es gilt für alle Flüssigkeiten, welche der Röhrenwand adhäriren, dass die äusserste Schicht in Ruhe verbleibt, die concentrischen Schichten nach der Axe zu aber allmählich an Geschwindigkeit zunehmen: die Theilchen werden dabei in parallelen Linien fortbewegt. Bei dieser Fortbewegungsweise der Flüssigkeit, welche mit Nothwendigkeit eintritt, wenn die Röhre über eine gewisse Länge hinaus unverändert bleibt, ist der Kraftverlust am unbedeutendsten, weil dabei die geringste Losreissung der durch Cohäsion zusammenhängenden Theilchen erforderlich ist. Jede Ab-

weichung von dieser Form ist mit einem besonderen Kraftverluste gepaart, und die Treibkraft erfährt mithin dadurch eine stärkere Abnahme. Wir haben diess schon bei der Einströmung von Flüssigkeit aus dem Druckgefässe in eine Röhre gesehen, in deren Anfange sich der Einfluss der bekannten *contractio venae* geltend macht, ferner auch an Röhren mit abwechselnder Verengerung und Erweiterung, wo der regelmässigen Fortbewegung der Theilchen um so grössere Störungen erwachsen, je plötzlicher diese Aenderungen des Lumens eintreten. Ausserdem kommen nun noch mancherlei Umstände vor, welche gleichfalls einen Kraftverlust herbeiführen, und einige davon müssen wir mit Beziehung auf den Blutumlauf näher betrachten.

Bei einer Krümmung der Röhre, wie wir sie am Aortenbogen haben, kommt ausser der Störung, welche die Geschwindigkeitshöhe erfährt, die centrifugale Kraft in Anschlag, wodurch die fortbewegten Theilchen eine Neigung bekommen, in tangentialer Richtung fortzugehen. Die gleichmässige Fortbewegung in parallelen Linien muss hierbei eine Störung erleiden: der Druck wird an der concaven Seite geringer ausfallen, so dass es selbst zur Tendenz einer Wirbelbildung kommt; die Linie der grössten Geschwindigkeit wird auch nicht in der Axe des Aortenbogens, sondern näher seiner Convexität liegen, und hier wird die Aortenwand einem höheren Drucke ausgesetzt seyn.

Jede Verästelung der Röhren ist mit Kraftverlust vergesellschaftet. Theilt sich der Flüssigkeitscylinder mit seiner nach der Axe hin zunehmenden Geschwindigkeit der Flüssigkeitsmolekeln in zwei oder in mehrere Flüssigkeitscylinder, mögen diese nun einen grössern oder einen kleinern Umfang haben, dann muss die Geschwindigkeit der meisten Molekeln eine Abänderung erfahren, um in den beiden Röhren wiederum eine nach der Axe hin zunehmende Geschwindigkeit zu erlangen. Begreiflich wird eben so eine Vereinigung zweier Aeste zu Einem Stamme nicht ohne Kraftverlust zu Stande kommen können.

Wenn Aeste von einem Stamme abgehen, der seine Richtung fortsetzt, dann wird die Flüssigkeit am Anfange des Astes einen besondern Widerstand erleiden, zu vergleichen mit jenem besondern Widerstande beim Einfliessen der Flüssigkeit aus einem Druckgefässe in die horizontale Röhre (§. 23. u. 24.). Wenn indessen der Anfang des Astes etwa die Gestalt der *Vena contracta* besitzt, dann wird der Widerstand gewiss nur sehr unbedeutend sein. Ausserdem

wird die Geschwindigkeitshöhe nicht vollständig fortgepflanzt werden; sondern nur im Verhältniss des *Cosinus* des Winkels, unter welchem der Ast aus dem Stamme entspringt; und wenn der Ast unter einem Winkel von mehr denn 90° aus dem Stamme entspringt, dann wird die Geschwindigkeitshöhe des Stammes aus dem nämlichen Grunde für den Ast negativ.

Durch alle diese genannten Umstände wird demnach die Treibkraft der Flüssigkeit gemindert. *Volkmann* hat es aber experimentell für einige derartige Umstände nachgewiesen, dass sie verhältnissmässig nur von geringem Einflusse sind, wenn ausserdem schon viele Widerstände in jenem Apparate vorhanden sind, welcher den Blutumlauf darstellen soll. Diess lässt sich aber auch gut begreifen: in diesem Falle ist die Geschwindigkeitshöhe im Verhältniss zur Druckhöhe gering, und alle genannten besonderen Widerstände sind ungefähr der Schnelligkeitshöhe proportional. — Während aber solchergestalt die Treibkraft durch jeden Widerstand abnimmt, braucht der Druck nicht in gleichem Maasse abzunehmen. Es wird die Druckhöhe selbst zunehmen können, wenn die Schnelligkeitshöhe durch Erweiterung des Strombettes eine Abnahme erfährt, worüber der vorhergehende §. nachzusehen ist.

Nur einen einzelnen Fall, wie er Fig. 24 dargestellt ist, wollen wir etwas näher betrachten. In diesem Röhrensysteme strömt eine Flüssigkeit mit grosser

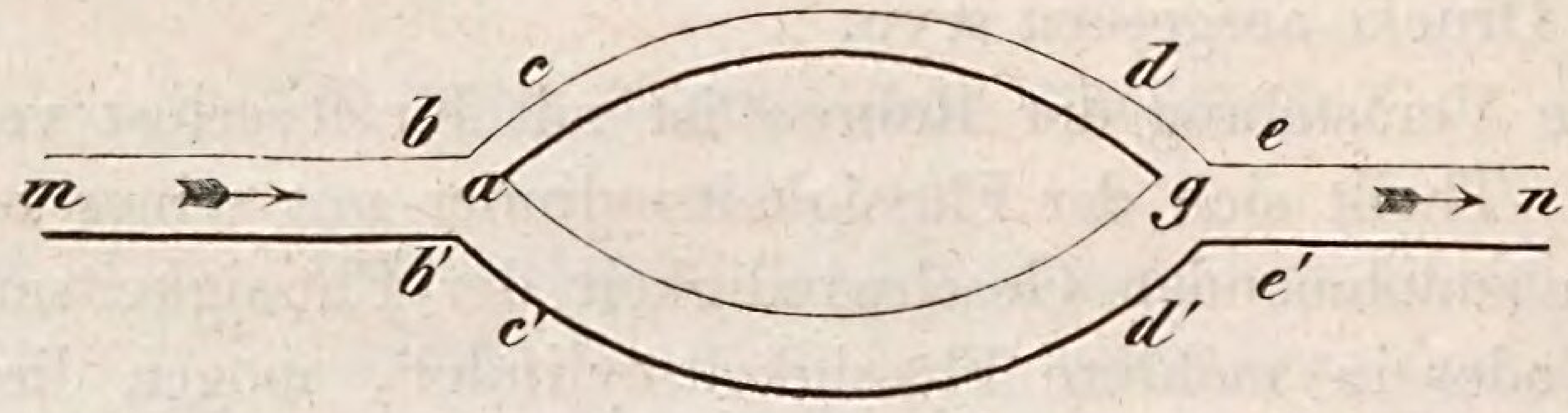


Fig. 24.

Geschwindigkeit von *m* nach *n*. Alle Röhren besitzen den gleichen Durchmesser, ausgenommen *cd*, dessen Durchmesser nur halb so gross ist als bei den übrigen. In *ma* strömt die Flüssigkeit mit gleichmässiger Geschwindigkeit unter einem abnehmenden Drucke. In *cd* und *c'd'* ist die Geschwindigkeitshöhe eine geringere, weil hier die Bahn weiter ist; am geringsten ist sie aber in der engeren Röhre *cd*. Dem zu Folge wird die Druckhöhe nicht fern vom Anfange dieser Röhren in *c* höher seyn, als in *c'*, und wie sehr auch durch die Theilung der Röhre Kraftverlust entstanden ist, die Druckhöhe wird in *c'* oder wenigstens in *c* selbst grösser seyn können, als nahe dem Ende *bb'* der ersten Röhre. In jeder der beiden Röhren *cd* und *c'd'* bleibt die Geschwindigkeit natürlich die nämliche, da ihr Lumen unverändert bleibt; es nimmt aber der Druck in *cd* schneller ab als in *c'd'*, so dass die Flüssigkeit aus beiden an der Vereinigungsstelle *g* unter gleichem Drucke ankommt. Die Strömungsgeschwindigkeit in *cd* und *c'd'* regelt sich genau so, dass der letzgenannten Bedingung Genüge ge-

Fig. 24. Strömung einer Flüssigkeit durch ein System ungleich weiter Röhren.

schieht, woraus denn folgt, dass mit zunehmender Länge der einen Röhre die Strömungsgeschwindigkeit in derselben abnehmen muss. An der Vereinigungsstelle g tritt nach dem oben Mitgetheilten ein neuer Kraftverlust ein, theils durch Aufhebung eines Theils der als Geschwindigkeitshöhe wirkenden Kräfte, durch theilweises Aufeinandertreffen der beiden Ströme in entgegengesetzter Richtung, theils durch die unregelmässige Bewegung der Flüssigkeitstheilchen am Anfange der Röhre gn. Da nun überdies die Strömungsgeschwindigkeit in dieser Röhre zunehmen und wieder gleich gross wie in ma werden muss, wegen Uebereinstimmung des Lumens, so wird bereits in ee' ein viel geringerer Druck gefunden werden, als in d und d'. Durch die Röhre gn strömt dann die Flüssigkeit mit gleicher Geschwindigkeit, unter abnehmendem Drucke, der an der Ausflussöffnung n Null wird.

§ 28. Bewegung von Flüssigkeiten durch Haarröhrchen.

Die bisher entwickelten Gesetze gelten nur für Röhren von einer gewissen Weite. Ehe wir nun zur Betrachtung einer stossweisen Strömung durch elastische Röhren übergehen, wollen wir die Gesetze untersuchen, nach denen sich Flüssigkeiten durch sehr enge, sogenannte Haarröhrchen bewegen. Wir verdanken die Kenntniss dieser Gesetze vornehmlich den klassischen Untersuchungen von *Poiseuille,* welche gelehrt haben:

1. Dass bei einem und demselben Rohre die Mengen (Q) des in gleichen Zeiten ausgeflossenen Wassers proportional sind den Drucken.

2. Dass die Zeiten zum Ausfluss einer gleichen Menge Flüssigkeit bei gleicher Temperatur, unter gleichem Drucke und durch Röhren von gleichem Durchmesser proportional sind den Längen (l) dieser Röhren.

3. Dass bei Gleichheit aller übrigen Umstände die Producte des Ausflusses sich verhalten wie die vierten Potenzen der Durchmesser (d).

Diese Resultate gelten erst vollständig, wenn die Röhren im Verhältniss zum Durchmesser eine ansehnliche Länge haben. Sie lassen sich durch die Gleichung $Q = k\frac{Hd^4}{l}$ ausdrücken, worin k ein constanter, von der Temperatur und der Art der Flüssigkeit abhängiger Coefficient ist.

Hieraus lässt sich nun auch die Strömungsgeschwindigkeit v berechnen, nämlich:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$$

$$\text{also} \quad \frac{\pi d^2}{4} \cdot v = k\frac{H d^4}{l}$$

$$\text{folglich} \quad v = \frac{4k}{\pi} \cdot \frac{H d^2}{l}$$

Man ersieht hieraus, dass die Strömungsgeschwindigkeit in Haarröhrchen der Druckhöhe und den Quadraten der Durchmesser proportional ist, dagegen der Länge der Röhrchen umgekehrt proportional.

Können wir, bei der geringen Geschwindigkeit in feinen Haarröhrchen, den Widerstand W ungefähr $= H$ setzen, so haben wir den Widerstand in Haarröhrchen der Strömungsgeschwindigkeit proportional. In weiteren Röhren dagegen nimmt der Widerstand, welcher nach der Formel $W = av^2 + bv$ berechnet wird, weit schneller zu als die Strömungsgeschwindigkeit.

Poiseuille fand den Coefficienten k für Wasser von 10^0 auf 1 Millim. Länge $= 2495,22$, womit man die Strömungsgeschwindigkeit berechnen kann. Dieselbe kann bei sehr engen Röhrchen, wenn sie eine gewisse Länge besitzen, nur sehr unbedeutend seyn. Die Ausströmung aus solchen Röhrchen kann nur dann mit Regelmässigkeit stattfinden, wenn sie in Wasser erfolgt; so wurden denn auch *Poiseuille's* Versuche angestellt.

Anlangend das Verhältniss zwischen Länge und Durchmesser, so fand *Poiseuille*, dass bei einem Röhrchen von 0,029 Millim. Durchm. das Gesetz sich noch bestätigte, wenn es nur 2,10 Millim. lang war, und dass ein Röhrchen von 0,65 Millim. Durchm., wenn es 384 Millim. Länge hatte, das Gesetz bewährte, hingegen bei einer Verkürzung auf 200 Millim. bereits von diesem Gesetze abwich. Sind die Röhrchen im Verhältniss zu ihrer Länge zu kurz, dann nimmt v rascher zu als H. — Daraus wird es wahrscheinlich, dass die gefundene Abweichung vom Wiederstande w'' beim Einströmen ins Haarröhrchen abhängt, der bei grosser Länge des Röhrchens verbunden mit geringer Strömungsgeschwindigkeit wohl nicht mehr in Betracht kommt, dagegen aber bei grösserer Geschwindigkeit in kürzeren Röhrchen sich um so mehr geltend macht, je kleiner H und also auch v wird.

Poiseuille's Resultate sind von einer Commission der Französichen Akademie (*Arago*, *Babinet*, *Robert*, *Regnault*) bestätigt worden, und es haben die von ihm aufgefundenen Gesetze allerdings beim Blutumlaufe Gültigkeit, weil bei der allmähligen Theilung der Pulsadern in Capillaren jener Widerstand nicht hoch anzuschlagen ist. Wir werden später davon Gebrauch machen, um die Geschwindigkeit des Blutlaufs mit der Kraft der Herzwirkung u. s. w. in Einklang zu bringen.

§ 29. Strömung durch elastische Röhren, bei stossweise erfolgendem Einflusse.

Eine gleichmässige Strömung von Flüssigkeiten durch elastische Röhren erfolgt nach den nämlichen Gesetzen, welche für steife, unelastische Röhren entwickelt worden sind. Unter einem erhöhten Drucke jedoch dehnen diese Röhren sich aus, ihr Lumen erweitert sich und die Folge davon ist, dass bei zunehmender Treibkraft die Geschwindigkeitshöhe rascher und die Druckhöhe langsamer steigt, als in steifen unelastischen Röhren. Es wird ja bei gleicher Treibkraft in einem aus weiteren Röhren bestehenden Apparate die

Strömungsgeschwindigkeit eine grössere und der Druck ein geringerer seyn.

Höchst gewichtig für den Blutumlauf ist die Kenntniss der wellenförmigen Strömung durch elastische Röhren. Wird eine kaum merklich zusammendrückbare Flüssigkeit stossweise in eine Röhre getrieben, die bereits gefüllt ist und sich nicht ausdehnen lässt, so pflanzt sich der Stoss mit grosser Geschwindigkeit fort, und in grossen Entfernungen wird fast im gleichen Augenblicke ein Ausfliessen stattfinden, das aber auch wiederum aufhört, sowie keine Flüssigkeit mehr eingetrieben wird: der Druck besteht nur so lange, als Flüssigkeit eingetrieben wird. Ganz anders verhält sich nun aber die Bewegung einer Flüssigkeit, welche stossweise, d. h. in kurzen Intervallen in eine bereits angefüllte, aber ausdehnbare und elastische Röhre getrieben wird. Hier dehnt sich die Röhre jedesmal durch den Druck der einströmenden Flüssigkeit aus, und hinter der fortgestossenen Flüssigkeit zieht sie sich wiederum zusammen, so dass in einer Reihenfolge alle Theile der Röhre von der Einströmungsstelle an einer Ausdehnung und Zusammenziehung unterliegen. Es pflanzt sich mithin eine positive Welle durch die Röhre fort, wie es scheint um so langsamer, je grösser der Elasticitätscoefficient der Röhre ist, d. h. je stärker dieselbe durch eine gewisse Druckzunahme ausgedehnt wird, worauf sie nach dem Aufhören des Drucks zum früheren Volumen zurück kehrt. Für Röhren von vulkanisirtem Kautschuk fand *Weber* bei sehr verschiedenem Drucke eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von mehr denn 11 Meter in der Secunde; viel geringer fiel dieselbe mit einem Schaafsdarme aus.

Beim stossweisen Einströmen in solche Röhren wird die Ausströmung im Besondern bestimmt durch den Widerstand, welchen die Flüssigkeit erleidet, durch die Geräumigkeit und den Elasticitätscoefficienten der Röhre, so wie durch die Geschwindigkeit, womit die Wellen auf einander folgen. — Bei einer kurzen und weiten elastischen Röhre wird das Ausfliessen nicht viel länger dauern, als das Einströmen. Ist aber die Röhre lang und dünn, so dass der Widerstand bedeutend wächst, dann wird ein continuirliches und nur bei jeder Einströmung beschleunigtes Ausfliessen sich einstellen. Die Gleichmässigkeit des Ausfliessens wird am grössten, wenn der Widerstand sich noch weiter dadurch erhöht, dass das Röhrenende enger wird oder in eine Anzahl feiner Röhrchen sich theilt. In diesem Falle wird die Flüssigkeit in der elastischen Röhre

continuirlich einen erheblichen Druck ausüben, und nur entsprechend der Einströmung und der Abschliessung der Flüssigkeit wird ein verhältnissmässig geringeres Steigen und Fallen wahrgenommen werden. — Je weniger Veränderung der Druck durch jede Welle erfährt, um desto gleichmässiger erfolgt das Abfliessen, welches durch den Druck bestimmt wird. Ist nun der Elasticitätscoefficient niedrig, so wird die Flüssigkeitsmenge, welche durch Eine Welle eingetrieben wird, eine bedeutende Druckerhöhung zur Folge haben, und umgekehrt wird durch das Ausfliessen einer bestimmten Flüssigkeitsmenge der Druckwerth sehr herabgesetzt werden. Es folgt hieraus, dass bei einem grossen Elasticitätscoefficienten der Druck die geringsten Schwankungen erleiden, der Ausfluss also am regelmässigsten erfolgen wird. — Den nämlichen günstigen Einfluss auf die Gleichmässigkeit des Drucks und des Ausflusses hat es, wenn die elastische Röhre sehr geräumig ist, weil alsdann der Druck durch eine bestimmte Vermehrung oder Verminderung des Inhalts weniger verändert wird. — Endlich kommt auch noch die Geschwindigkeit in Anschlag, in welcher die Wellen auf einander folgen. Je kürzer die Pausen zwischen zwei Wellen sind, um so mehr werden der Druck und das Ausfliessen gleichmässig bleiben, die nur abnehmen in dem Maasse, als während der Pause Flüssigkeit ausfliesst.

Wenden wir dieses auf den Blutumlauf an, so ist leicht einzusehen, dass der bedeutende Widerstand in der Blutbahn, namentlich im Capillarsysteme, der grosse Elasticitätscoefficient, zumal in den kleinern Pulsadern, die grosse Geräumigkeit des Arteriensystemes in seinen kleinsten Verästelungen, endlich auch die schnelle Folge der Herzschläge auf die Gleichmässigkeit des Blutstromes durch die Capillaren und des Einströmens in die Venen einen förderlichen Einfluss üben müssen.

Volkmann (Hämodynamik S. 80) hat die Erscheinungen der Wellenbewegung des Wassers in elastischen Röhren untersucht. Er benutzte hierzu einen ziemlich dünnen Darm, z. B. von einer jungen Ziege; derselbe wurde mit dem Druckgefässe mittelst eines kupfernen Hahns in Verbindung gesetzt, welcher letztere durch ein Pendel oder auch mit freier Hand rhythmisch geöffnet und geschlossen wurde. Auf dem Darme wurden Druckmesser befestigt, als kurze metallene Cylinder, welche denn auch die Elasticität daselbst unterbrachen. An das Ende des Darmes wurde noch eine kurze kupferne Röhre befestigt, welche durch mehrere Deckel mit verschieden grossen Oeffnungen (2,6, 3,5 und 5,1 Millim.) abgeschlossen werden konnte. Durch die verschiedene Grösse dieser Oeffnungen konnte er den Widerstand modificiren, durch Aenderung von H die Treibkraft und durch die Geschwindigkeit der Pendelbewegung die Wellenfolge. Dabei stellte sich heraus, dass der höchste und der niedrigste Stand der Wellen längs der elastischen Röhre durch zwei gekrümmte, mit der

Convexität gegen einander gekehrte Linien sich darstellen lässt, die sich nach der Ausflussöffnung hin, nach welcher zu der mittlere Druck fortdauernd abnimmt, einander nähern. Er fand ferner, dass mit Zunahme des Widerstands und im Allgemeinen auch mit der grössern Raschheit der Wellenfolge die Grösse der Wellen abnimmt.

Volkmann hat auch untersucht, welchen Einfluss H, D und das Tempo der Stösse auf das Verschwinden der Wellen ausüben. Der beschriebene Apparat entsprach ganz dem vorgesteckten Zwecke, und es ergab sich, dass die Welle um so weniger abnimmt, je geringer der Widerstand ist, während weder die Anzahl der Pulsschläge, noch der Werth von H einen beständigen Einfluss ausüben.

Die Geschwindigkeit der Wellenfortpflanzung, und zwar sowohl positiver als negativer Wellen, ist von *E. H. Weber* und *Th. Weber* untersucht worden. (Berichte über die Verhandlungen d. Königl. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Mathem. physik. Classe. 1850 S. 177.) Sie benutzten eine mit Wasser gefüllte Röhre von Kautschuk. Durch eine Wassersäule von 8 Millim. Höhe gespannt hatte dieselbe 9,62 Meter Länge und 35,5 Millim. Durchmesser, bei 4 Millim. Dicke der Wandungen; und wenn eine 3,5 Meter hohe Wassersäule spannte, dann betrug die Länge 9,86 Meter, der Durchmesser aber 41 Millim. Die positiven Wellen wurden durchs Zusammendrücken eines Theils der Röhre auf der einen Seite, die negativen durchs Aufheben dieses Drucks erhalten. Das Anlangen der Welle am andern Ende wurde mittelst eines Fühlhebels wahrgenommen, die verflossene Zeit aber wurde durch Chronometerschläge von 0,4 Secunden bestimmt, und für 3 Mal oder 5 Mal längere Röhren mittelst der rückkehrenden Wellen. Die positiven Wellen hatten bei 8 Millim. Druck 12,8 Meter, bei 3,5 Meter Druck 11,4 Meter Geschwindigkeit in der Secunde. Die Geschwindigkeit der negativen Wellen war resp. 11,1 und 10,8 Meter. Auf diese Verschiedenheiten legt *Weber* selbst nur wenig Gewicht. Eben so wurde die nämliche Geschwindigkeit bei verschiedenartiger Kraft der Wellen gefunden. In dünneren Röhren wird eine langsamere Fortpflanzung zu erwarten seyn. — Die gleichen Versuche wurden auch mit einem wassererfüllten dünnen Darme angestellt. Wurde derselbe unter einem Drucke von 8 Millim. Wasser angefüllt, so erfolgte die Fortpflanzung zum mindesten 10 Mal langsamer als in den Röhren aus vulkanisirtem Kautschuk. Ausserdem nahm die Geschwindigkeit eben so durch höheren Druck wie durch vermehrte Kraft der Wellen zu, und bei negativen Wellen war sie immer kleiner als bei positiven.

Einer von uns (*D.*) hat eine Reihe von Versuchen angestellt über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen in verschiedenen elastischen Röhren. Zwei Manometer, nahe dem Anfange und dem Ende der etwa 5 Meter langen Röhren angebracht, zeichneten die Ankunft der Wellen auf dem Kymographion. Dieses Instrument wird weiterhin beschrieben werden; hier sey nur so viel bemerkt, dass damit die Schwankungen des Quecksilbers in dem Manometer auf einen um die Axe drehenden Cylinder oder auf eine Trommel aufgezeichnet werden. Ein kleiner Druck, der während des Umdrehens der Trommel auf entsprechende, über einander liegende Punkte der elastischen Manometerröhren gleichzeitig angebracht wurde, zeichnete die isochronischen Punkte für beide Manometer auf. Wurde nun unmittelbar darauf eine Welle zugelassen, so konnte aus der ungleichen Ankunft derselben die Geschwindigkeitsfortpflanzung abgeleitet werden. So oft aber durch Oeffnung des Hahns eine neue Welle aus dem Druckgefässe zugelassen wurde, mittelst dessen über einen Druck von 4 Meter verfügt werden konnte, liess sich der Versuch bei einem stets steigenden Drucke wiederholen. In Fig. 25 sind die Linien dargestellt für 18,5 Secunden Umlaufsgeschwindigkeit, 330 Millim. Umfang der Trommel, und 5,315 Meter Röhrenlänge: I ist das Manometer am Anfange der Röhre, II jenes am Ende der Röhre. Die geraden Linien o und o' sind die Nullpunkte für den Druck der beiden Manometer; a und a' sind die auf oben erwähnte Art erhaltenen isochronischen Punkte; b und b' bezeichnen den Anfang der Welle in beiden Manometern. Es folgen dann Schwankungen von den rückkehrenden Wellen. Durch Vergleichung von c und c' mit o und o' er-

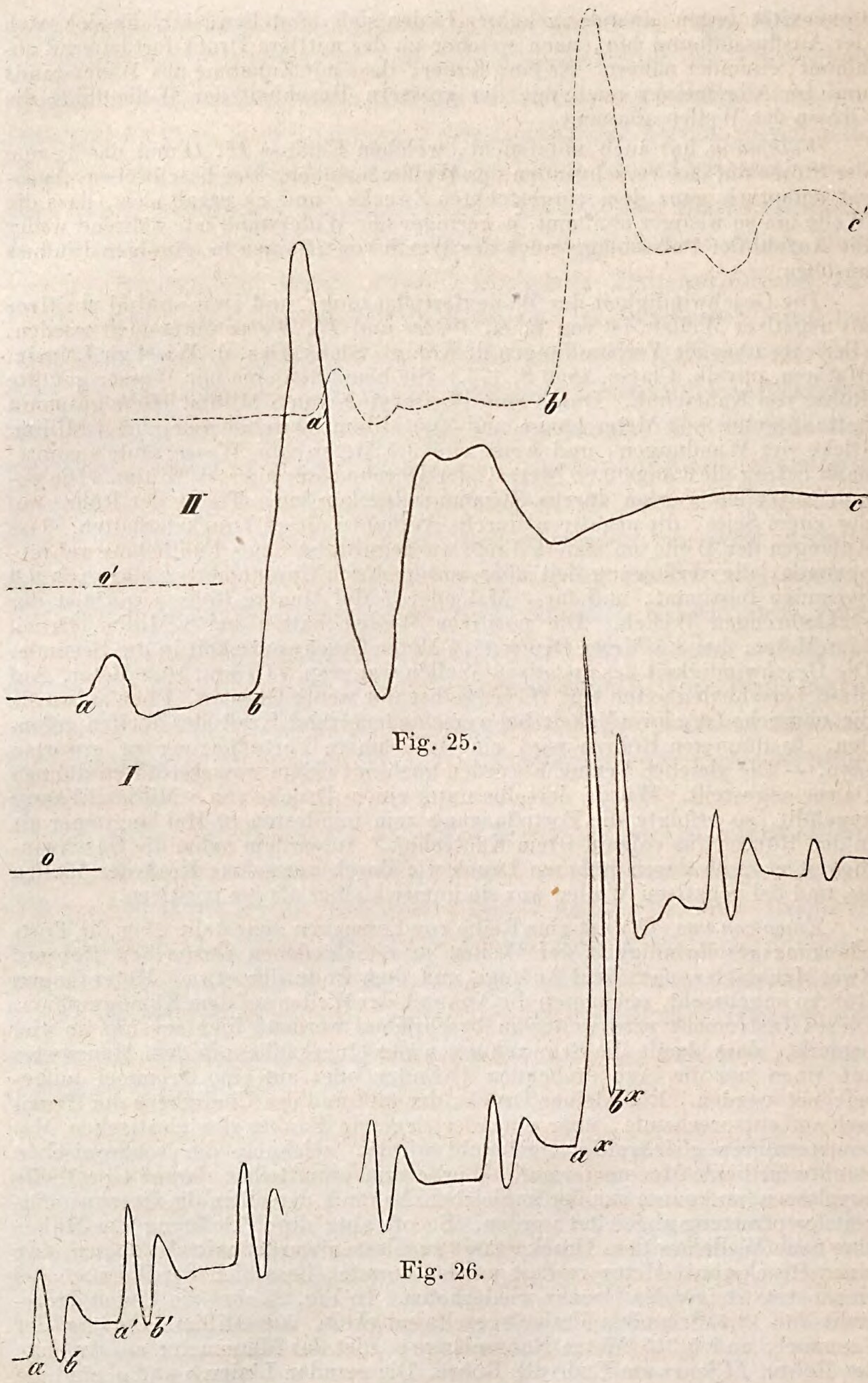


Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 25. Wellencurven an zwei Punkten einer elastischen Röhre.
Fig. 26. Wellencurven bei anhaltend steigendem Drucke.

kennt man den Druck, welcher nach dem Einströmen einer Welle in die Röhre übrig blieb. Aus der Differenz der Abstände zwischen ab und $a'b'$ erhellt ohne Weiteres die Zeit, deren die Welle bedurfte, um sich vom Anfange bis zum Ende der Röhre fortzupflanzen.

Das Zerbrechen des einen Manometers schnitt fernere derartige Versuche ab; man war nun auf die Benutzung der rückkehrenden Wellen angewiesen, die erwartet werden konnte, wenn die Röhre zwei Mal von der Welle durchlaufen worden war. In Fig. 26 sind die Wellen bei einem stets steigenden Drucke abgezeichnet: a ist die primitive, b die zurückkehrende Welle. Der Versuch beginnt bei einem Quecksilberdrucke von 16 Millim. und endigt bei einem solchen von ungefähr 130 Millim. Man ersieht, dass bei verschiedenartigem Drucke kein merkbarer Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit stattfindet. Der Hahn, wodurch das Wasser unter einem Drucke von 3 Meter einfliessen konnte, wurde immer möglichst kurz geöffnet, während die Eröffnung durch einen bestimmten Mechanismus mehr oder weniger vollkommen stattfand. Die grosse Welle $a^x b^x$ rührt von einer vollkommenen Eröffnung her, die aber nicht von längerer Dauer war. Da es sich nun ergab, dass grössere Wellen immer langsamer zurückkehrten, so wurde der Berechnung aus der Rückkehr der Wellen weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Ohne die Ergebnisse im Detail mitzutheilen, sey nur soviel erwähnt, dass als Extreme bei den verschiedenen Methoden und bei Kautschukröhren von verschiedener Weite und mit verschiedenen Elasticitätscoefffcienten eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 10,3 und 18,9 Meter in der Secunde gefunden wurde, dass aber die meisten Bestimmungen zwischen 11 und 14 Meter in der Secunde fielen.

In gleicher Weise wurden auch negative Wellen gemessen, indem der Hahn am Ende einer unter bestimmtem Drucke gefüllten Röhre geöffnet wurde, so dass auf einmal etwas ausfloss. Eine deutliche Verschiedenheit von der Geschwindigkeit der positiven Wellen liess sich nicht erkennen.

Unsere Untersuchungen haben es wahrscheinlich gemacht, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit um so kleiner wird, je grösser der Elasticitätscoefficient ist, und dass in Röhren von nur 2 Millim. Durchmesser die Fortpflanzung gleich schnell erfolgt, wie in weiteren. Die Elasticitätscoefficienten wurden durch die Gewichtsvermehrung bei Anfüllung unter ganz verschiedenem Drucke bestimmt. Die Abnahme der Geschwindigkeit bei Zunahme des Elasticitätscoefficienten liess sich vorhersehen; je grösser nämlich dieser Coefficient wird, eine um so grössere Flüssigkeitsmenge muss durch eine bestimmte Kraft (die Rückwirkung von der ausgedehnten Wand) fortgetrieben werden.

§ 30. Strömungsbewegung und Wellenbewegung.

Wenn eine Flüssigkeit durch eine elastische Röhre strömt, in welche sie wellenförmig einfliesst, so unterscheidet man daran die Strömungsbewegung und die Wellenbewegung. Diese Unterscheidung findet auch auf den Blutumlauf Anwendung.

Beiderlei Bewegungen geschehen gleichzeitig, nach dem Röhrenende hin tritt aber die Wellenbewegung immer mehr und mehr gegen die Strömungsbewegung zurück. Sie müssen jedoch des Verständnisses halber gesondert betrachtet werden, und sie lassen sich auch gesondert darstellen.

Die Strömungsbewegung erfolgt gleichmässig in der Richtung vom stärkern zum schwächern Drucke, so dass durch alle Durchschnitte in gleichen Zeiten gleiche Flüssigkeitsmengen fliessen.

Verbindet man eine elastische Röhre mit einem Druckgefässe, dessen Hahn geöffnet bleibt, so strömt die Flüssigkeit gleichmässig durch die Röhre und durch die Ausflussöffnung nach aussen, wo der Druck $= o$ ist. Will man in der ganzen Röhre einen stärkeren Druck behalten, dann braucht man nur am Ende der Röhre einen Hahn zu befestigen, der sich willkürlich in stärkerem oder schwächerem Grade öffnen lässt: je enger die Oeffnung ist, desto höher bleibt der Druck. Das eine wie das andere gilt für elastische sowohl als für nichtelastische Röhren. Wird der Hahn am Druckgefässe geschlossen, so hört das Ausfliessen auf, falls die Röhre unelastisch ist; bei einer elastischen Röhre hingegen dauert der Ausfluss durch Vengerung der elastisch gespannten Röhre eine Zeit lang fort, bis der Druck in der ganzen Röhre fast $= o$ ist und bis ihre Spannung aufgehört hat. Ebenso dauert auch die Blutbewegung fort, wenn die Aorta am Herzen unterbunden (*Poiseuille*) oder wenn das Herz durch Reizung des *Vagus* zum Stillstande gebracht wird, und zwar so lange, bis der Druck in den Arterien und Venen gleich gross geworden ist.

Wird dagegen der Hahn am Aussenende der Röhre geschlossen, während diese mit Flüssigkeit erfüllt ist, und öffnet man dann den Hahn am Druckgefässe einen Augenblick, so entsteht eine Welle, die sich bis ans Aussenende der Röhre fortpflanzt und wiederholt zurückgeworfen wird. In Fig. 26 erkennt man ungefähr den Druck, welcher hierbei nach einander an dem nämlichen Durchschnitte stattfindet, wobei jedoch zu bemerken ist, dass die Welle höher steigt und zumal tiefer fällt, alses zu den Druckveränderungen in der Röhre passt. Es findet hier lediglich Wellenbewegung statt und keine Strömungsbewegung, d. h. in der Flüssigkeit, welche bis dahin unter gleichem Drucke stand, trat eine locale Druckabänderung ein, die sich mit grosser Geschwindigkeit in der Flüssigkeit fortpflanzt. Ist die Welle wiederholt zurückgeworfen worden, wobei sie schwächer und schwächer wird und zuletzt ganz aufhört, dann befindet sich die Flüssigkeit in der ganzen Röhre wieder unter dem nämlichen erhöhten Drucke.

Um Wellenbewegung mit Strömungsbewegung zu verbinden, braucht man nur das Ausfliessen constant zu machen und den Hahn am Druckgefässe mit kurzen Pausen abwechselnd zu öffnen und zu schliessen. Die Ausdehnung, welche auf einem Durchschnitte der Röhre durch jede vorübergehende Welle hervorgebracht wird, kann man mit dem Finger wahrnehmen oder mittelst eines Fühl-

hebels untersuchen, und mit einem Manometer kann man die Druckveränderungen erforschen. Auf diese Weise erhielten wir die in Fig. 27 verzeichneten Curven in der Nähe des Druckgefässes, und zwar wurde der Hahn bei *I* 60 Mal in der Minute im gleichen Tempo geöffnet und geschlossen, bei *II* 45 Mal, bei *III* 30 Mal, bei *IV* 22½ Mal, bei *V* 15 Mal. Die elastische Röhre hatte 5,35 Meter Länge.

Es bezeichnet *o* den Nullpunkt des Manometers, *t* den constanten Druck bei fortdauerndem Einfliessen, *u* das erste Fallen beim Schliessen des Hahns, *v* die Stelle, wo der mittlere Druck unbeschadet der Wellen constant blieb. Der Abstand der Linie von *o* muss verdoppelt werden, um den Druck als Quecksilberdruck abzulesen.

Man ersieht aus diesen Curven, dass, obwohl die Oeffnung und Schliessung des Hahns gleich lange dauerten, der mittlere Druck doch weit unter der Hälfte jenes Drucks herabfällt, welcher bei constanter Oeffnung des Druckgefässhahns erhalten wird. Es muss aber beim wellenförmigen Einströmen bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit der Widerstand zunehmen, weil die Molekeln nicht in geraden der Axe parallelen Linien bewegt werden, und der Stoss auch nicht ohne Kraftverlusst zu Stande kommt. Wenn auch *Volkmann* bei dieser Art der Fortbewegung die Formel $W = av + bv^2$ ziemlich ausreichend fand, so müssen doch sicher die Coefficienten a und b höher ausfallen, als bei einer gleichmässigen Bewegung in den nämlichen Röhren. Uebrigens werden bei gleichmässiger Strömungsbewegung in elastischen Röhren die Widerstandscoefficienten bei steigendem Drucke abnehmen, weil die Röhren selbst dabei erweitert werden. — Die kleinen Einbiegungen, welche sich bei *II*, *III*, *IV* und *V* an den grossen Wellen zeigen, wird man unter Berücksichtigung der Fig. 26 den Wellen zuschreiben dürfen, welche von der Verengung am Ende der Röhre reflectirt werden müssen. Es können aber unter gewissen Umständen auch selbstständige Schwankungen im Manometer zu Grunde liegen.

Wir sahen, dass durch die Strömungsbewegung sowohl wie durch die Wellenbewegung die Flüssigkeit sich gegen den geringeren Druck hin bewegt, und zwar mit gleichmässiger Geschwindigkeit durch die Strömungsbewegung, mit ungleicher Geschwindigkeit durch die Wellenbewegung. Bei regelmässigem Oeffnen und Schliessen muss natürlich durch einen jeden Durchschnitt in jeglichem Zeitraume gleich viel Flüssigkeit fliessen. Da nun die Wellenbewegung allmählich abnimmt, so zwar, dass unter besondern

6*

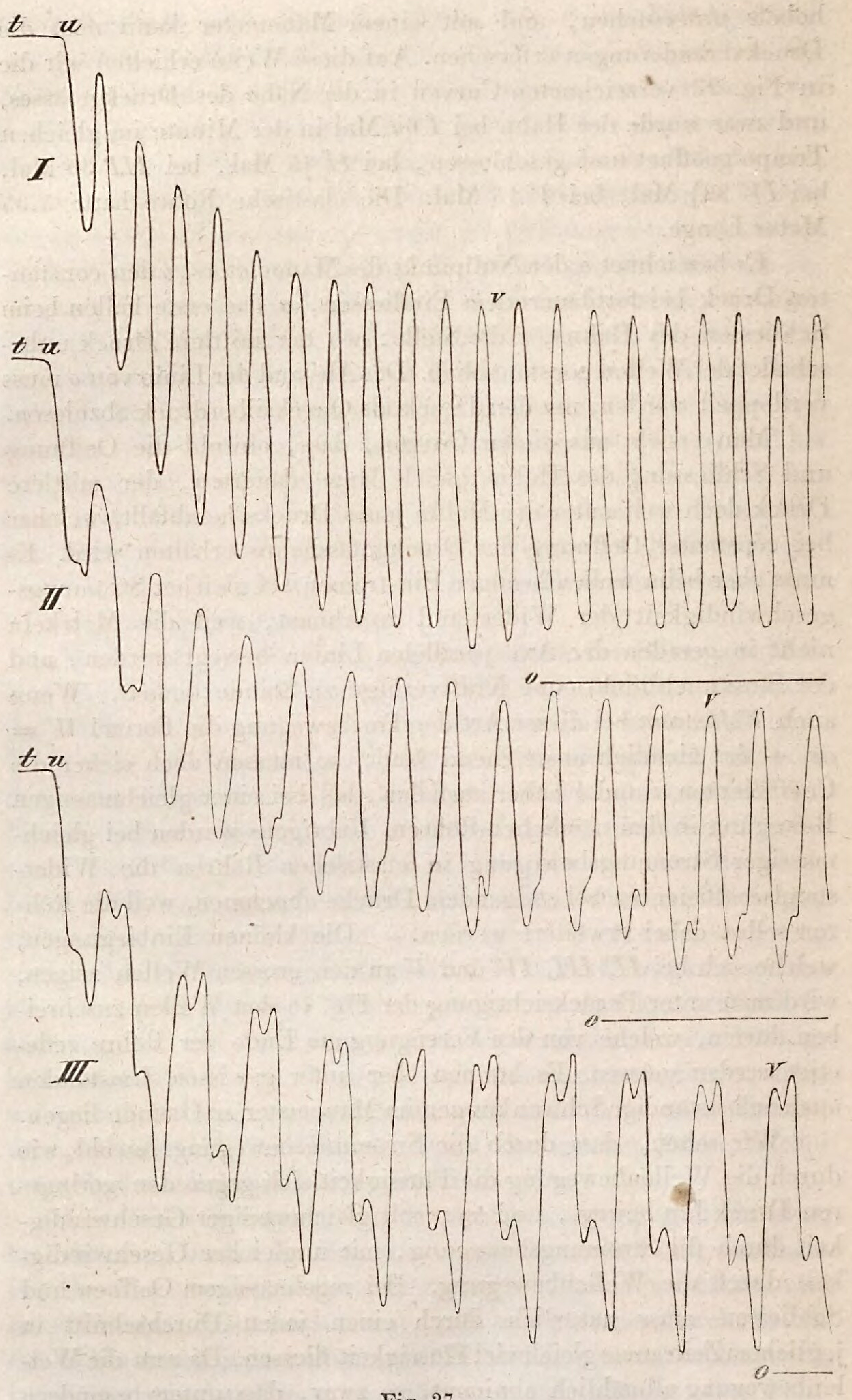
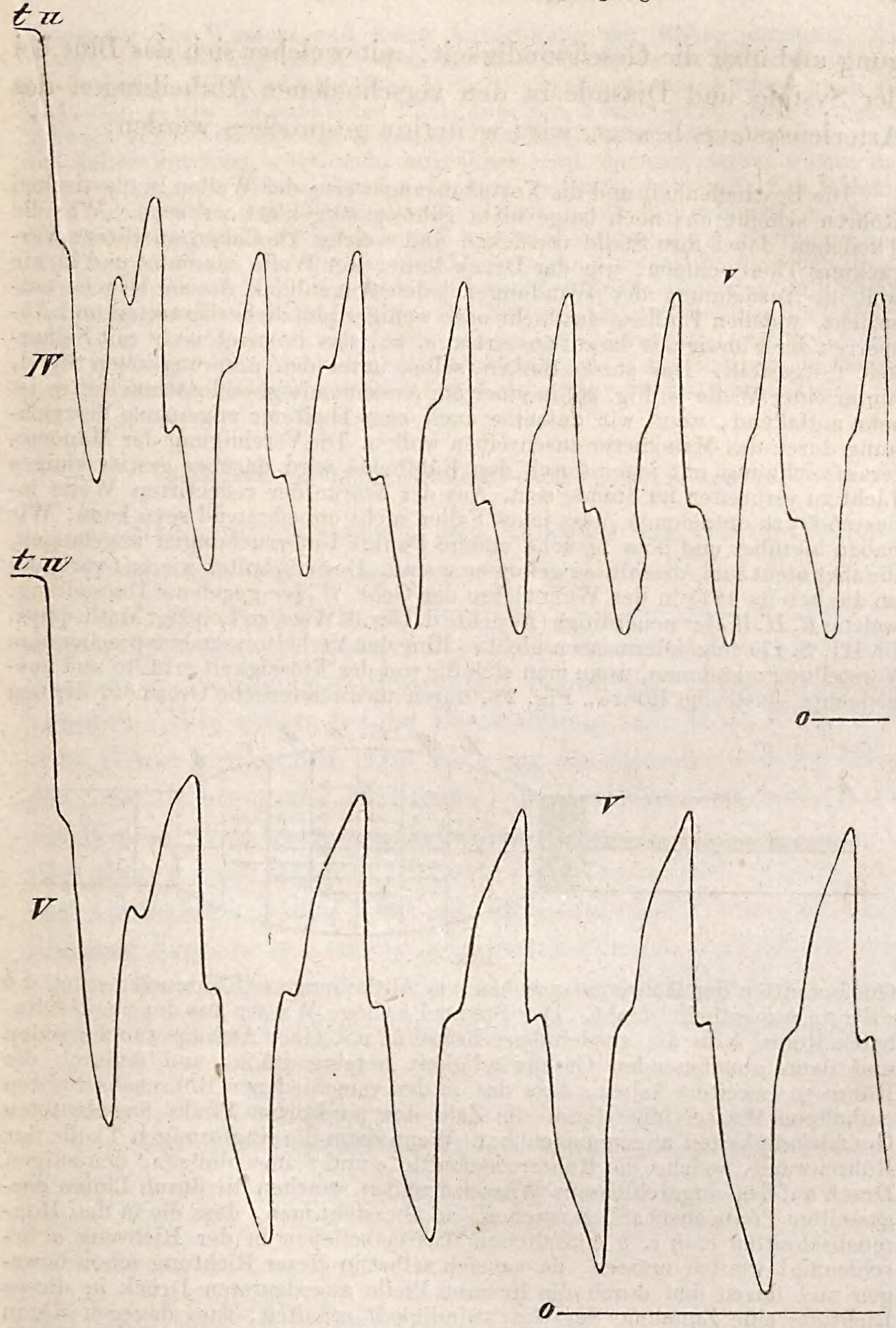


Fig. 27.



Umständen (s. § 29) am Ende der Röhren sogar ein gleichmässiges Ausfliessen zu Stande kommen kann, so ist es klar, dass die Wellenbewegung allmählich gegen die Strömungsbewegung zurück tritt. Diess findet auch auf den Blutumlauf vollkommene Anwendung. Ueber die besondern Ursachen des Aufhörens der Wellenbewe-

Fig. 27. Curven combinirter Strömungs- und Wellenbewegung.

gung und über die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Blut bei der Systole und Diastole in den verschiedenen Abtheilungen des Arteriensystems bewegt, wird weiterhin gesprochen werden.

Die Beschaffenheit und die Fortpflanzungsweise der Wellen in elastischen Röhren scheint uns noch lange nicht gehörig aufgeklärt zu seyn. Wie die Theilchen dabei ihre Stelle verrücken und welche Theilchen an dieser Verrückung Theil nehmen, wie der Druck hinter der Welle abnimmt und in wie weit die Ausdehnung der Wandungen jeden Augenblick diesem Drucke entspricht, welchen Einfluss das mehr oder weniger plötzliche Eintreten und Absperren der Flüssigkeit darauf äussert u. s. w., das ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Das starke Sinken, selbst unter den ursprünglichen Stand, hinter einer Welle (s. Fig. 26) in einer am Aussenende geschlossenen Röhre, ist sehr auffallend, wenn wir dasselbe auch zum Theil der ungenauen Verzeichnung durch das Manometer zuschreiben wollen. Die Vereinigung der Manometeraufzeichnung mit jener durch den Fühlhebel wird darüber gewiss einiges Licht zu verbreiten im Stande sein. Aus der Stärke der reflectirten Welle indessen ist zu entnehmen, dass jenes Fallen nicht unbedeutend seyn kann. Wir haben hierüber und über manche andere Punkte Untersuchungen angefangen, die aber nicht zum Abschlusse gekommen sind. Deshalb halten wir uns vorläufig an die bereits 1825 in der Wellenlehre der Gebr. *Weber* gegebene Darstellung, welche *E. H. Weber* neuerdings (Berichte d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-phys. Cl. III. S. 175 folgendermaasen giebt: »Eine den Verhältnissen entsprechendere Vorstellung erhält man, wenn man sich die von der Flüssigkeit erfüllte und ausgedehnte elastische Röhre, Fig. 28, durch unveränderliche Grenzen, die den

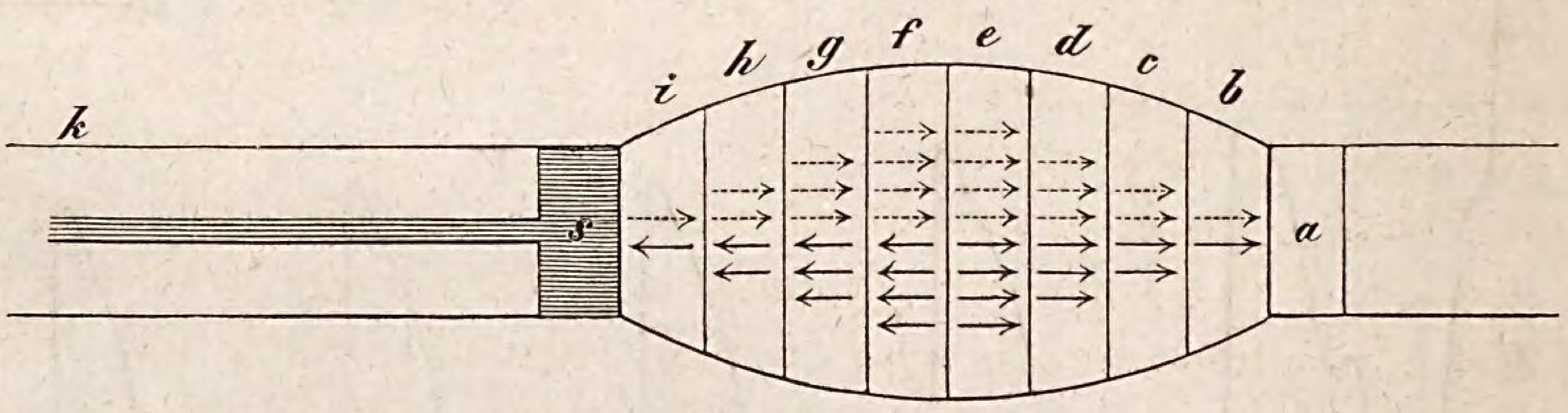


Fig. 28.

Querschnitten der Röhre entsprechen, in Abtheilungen (Röhrenelemente) *a b c d e f g h i* getheilt denkt. Der Stempel *s* möge Wasser aus der unausdehnbaren Röhre *k* in die ausdehnbare Röhre *ia* mit einer Anfangs zunehmenden und dann abnehmenden Geschwindigkeit hereingedrängt, und dadurch die Röhre so erweitert haben, dass das in den verschiedenen Röhrenabschnitten enthaltene Wasser die durch die Zahl der punktirten Pfeile angedeuteten Geschwindigkeiten angenommen hat. Wenn dann die ringförmigen Theile der Röhrenwand, welche die Röhrenabschnitte *e* und *f* umschliessen, denjenigen Druck auf das eingeschlossene Wasser ausüben, welchen die durch Linien dargestellten Pfeile anschaulich machen, so übersieht man, dass die in den Röhrenabschnitten *e, d, c, b* enthaltenen Wassertheilchen in der Richtung *a* beschleunigt werden müssen, da sie sich selbst in dieser Richtung schon bewegen und durch den durch die linearen Pfeile angedeuteten Druck in dieser Richtung eine Zunahme der Geschwindigkeit erhalten, dass dagegen die in den Röhrenabschnitten *f, g, h, i* enthaltenen Wassertheilchen in ihrer Bewegung retardirt werden, da auf sie in der Richtung *s* der durch die linearen Pfeile angedeutete Druck ausgeübt wird, der der Bewegung entgegen ist, in welcher sich die Theilchen schon befinden. Hierdurch kommt die Flüssigkeit in *i* im nächsten Zeitmomente zur Ruhe und die ausgedehnte Röhrenwand dieser Abtheilung kehrt zu ihrem ursprünglichen Durchmesser zurück, während in demselben Zeitmomente in der Abtheilung *a*, in welcher bis jetzt keine

Fig. 28. Zur Wellenbewegung nach *Weber*.

Bewegung des Wassers und keine Ausdehnung der Röhre stattfand, das Wasser in Bewegung gesetzt wird und durch dasselbe die Röhrenwand eine Ausdehnung erleidet und auf diese Weise die Welle um eine Abtheilung in der Richtung, welche die punktirten Pfeile anzeigen, fortschreitet. Man übersieht hiernach auch, dass sich das Wasser in dem Röhrenabschnitte *d* anhäufen und die Röhrenwandung noch mehr ausdehnen und dadurch selbst wieder den Druck vergrössern müsse, den das ringförmige Stück der elastischen Röhrenwand auf das enthaltene Wasser ausübt, wenn durch den grösseren scheibenförmigen Querschnitt zwischen *e* und *d* mehr Wasser in die Abtheilung *d* hineindringt, als durch den kleinen scheibenförmigen Querschnitt zwischen *d* und *e* aus *d* herausdringt, und dasselbe gilt von den Röhrenabtheilungen *c* und *b*. Das Entgegengesetzte ereignet sich im Hintertheile der Welle in der Abtheilung *f*, in welche durch den scheibenförmigen kleinen Querschnitt zwischen *f* und *g* weniger Flüssigkeit nach *f* hineindringt, als durch den scheibenförmigen grossen Querschnitt zwischen *f* und *e* aus *f* heraustritt, und dasselbe gilt von den Röhrenabtheilungen *c* und *b*.«

§ 31. Schema des Blutumlaufs nach *E. H. Weber*.

Es erscheint uns passend, den Anfänger jetzt mit dem Schema des Kreislaufs bekannt zu machen, welches *E. H. Weber* (Berichte d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Cl. 1850. III. S. 186) auf sinnreiche Weise mit einfachen Mitteln construirt hat, und daran ein Paar gewichtige den Blutumlauf betreffende Betrachtungen zu knüpfen. Wir wollen bei der Beschreibung zum Theil *Weber's* eigene Worte gebrauchen. Die Wirkung des Herzens und der Klappen, die Richtung des Blutstroms, die Fortpflanzung und die Art der Wellen, die Druckverschiedenheit in den Arterien und Venen, alles dieses wird in jenem Schema aufs Deutlichste versinnlicht. Der Einfachheit halber wird aber der Blutumlauf nur mit Einer Kammer dargestellt, welche das Blut forttreibt und wieder aufnimmt. Diess begründet natürlich keinen wesentlichen Unterschied. — Ein Stück Dünndarm (Fig. 29. *h*) stellt die Herzkammer dar,

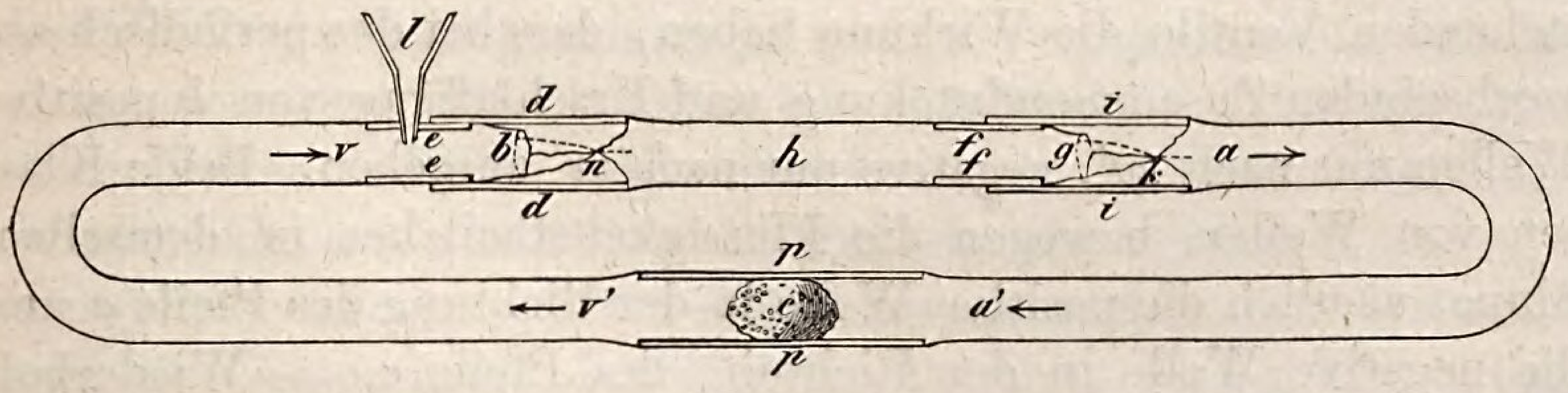


Fig. 29.

und trägt an beiden Enden einen Apparat *ee* und *ff*, worin ein Röhrenventil nach dem Principe der *Valvulae venosae* enthalten ist. Jeder ventilführende Apparat (Fig. 30) besteht aus zwei in einander ge-

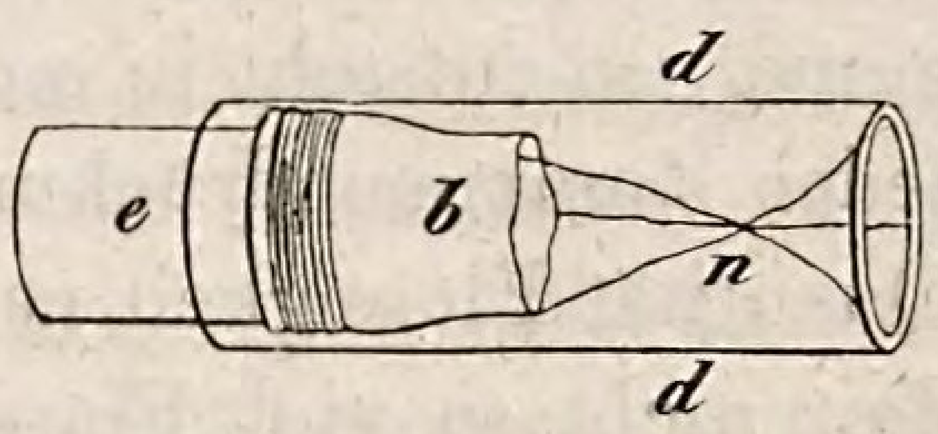


Fig. 30.

Fig. 29 u. 30. Modell der Blutbewegung nach *Weber*.

schobenen steifen Röhren: am eingeschobenen Ende der inneren hölzernen Röhre *e* ist ein sehr kurzes Stückchen Darm *b* befestigt, von welchem 3 Drähte *n* ausgehen, die am Ende der äussern gläsernen Röhre *dd* befestigt sind. Das Spiel der Klappe wird hierdurch beschränkt und ihr Umschlagen verhindert. In Fig. 29 sieht man, wie *h* mit den beiden Ventilapparaten verbunden ist. An der Röhre *ee* und am Ende der Glasröhre *ii* werden die Enden des in einer horizontalen Ebene liegenden Darms *aa'*, *vv'* angebunden und der ganze Apparat durch den Trichter *l* mit Wasser gefüllt. Der Darm ist durch eine gläserne Röhre *pp* unterbrochen, worin ein Stückchen Schwamm liegt oder über deren Anfang feinmaschiger Tüll einfach oder auch mehrfach ausgespannt ist. So ist denn *aa'* das Arteriensystem, *c* das Capillarsystem, *vv'* das Venensystem, welches bei *b* sich in die Kammer *h* öffnet. Drückt man auf *h*, dann öffnet sich die Klappe *g*, während die Klappe *b* sich schliesst, und es pflanzt sich eine positive Welle in der Richtung *aa'* bis nach *c* fort. Durch *c* tritt ein Theil der Flüssigkeit nach *vv'* über; indessen ist der Widerstand zu gross, als dass die Welle sich ganz durch *c* fortpflanzen könnte. Hört der Druck auf *h* auf, dann schliesst sich das Ventil *g* und es öffnet sich das Ventil *b*. Jetzt strömt Flüssigkeit in *h* ein, wo der Druck geringer geworden ist als in *v'v*, ebensowohl deshalb, weil *h* durch *g* Flüssigkeit verlor, als weil *v'v* durch *c* Flüssigkeit empfing. Indem durch *b* Flüssigkeit in *h* einströmt, nachdem die Compression von *h* aufgehört hat, entsteht eine negative Welle, welche sich von *v* nach *v'* fortpflanzt, durch welche demnach die Flüssigkeit von *v'* nach *v* bewegt wird. Man sieht hieraus, dass die mit dem Herzen *h* in Verbindung stehenden Ventile die Wirkung haben, dass bei der periodisch abwechselnden Zusammendrückung und Erschlaffung von *h* positive Wellen nur nach *aa'*, negative nur nach *vv'* ausgehen. Beide Klassen von Wellen bewegen die Flüssigkeitstheilchen in demselben Sinne, nämlich die positive Welle in der Richtung des Pfeils *a* und die negative Welle in der Richtung des Pfeils *v*. — Wiederholt sich die periodisch erfolgende Zusammendrückung von *h* schnell genug, so entsteht in *aa'* eine Anhäufung der Flüssigkeit, denn mit jeder Zusammendrückung (Systole) des Herzens *h* wird eine neue Quantität Flüssigkeit nach *aa'* eingetrieben, während in derselben Zeit nicht so viel Flüssigkeit durch den Schwamm *c* nach *v* hinüber dringen kann. In *vv'* aber entsteht bei jeder Diastole des Herzens *h* eine noch grössere Verminderung der Flüssigkeit, weil aus

v mehr Flüssigkeit in das Herz *h* hinübertritt, als von *a* durch den Schwamm *c* nach *v'* gelangt. Auf diese Weise nimmt die Menge der Flüssigkeit in *aa'* so lange zu und in *vv'* so lange ab, bis der Unterschied des Drucks, den die Flüssigkeit in *aa'* und *vv'* erleidet, so gross ist, dass von einer Zusammendrückung des Herzens *h* zur andern gerade so viel Flüssigkeit durch den Schwamm dringt, als von *h* nach *a* hingetrieben wird. Ist dieser Grad der Differenz des Drucks in den beiden Abtheilungen des Röhrenzirkels eingetreten, so kann nun, wenn auf gleiche Weise in *e* fortgepumpt wird, ein beharrlicher Zustand eintreten, bei welchem der Druck, den die Flüssigkeit vor dem Schwamme in *aa'* erleidet und ausübt, vielleicht 10 Mal grösser ist, als hinter dem Schwamme in *v'v*. Wie gross die Druckdifferenz seyn müsse, damit sich ein beharrlicher Zustand herstellt, hängt von der Grösse des Hindernisses ab, welches der Schwamm dem Durchgange der Flüssigkeit entgegensetzt, und dieses hängt *caeteris paribus* (wenn z. B. die Klebrigkeit des Blutes und andere solche Umstände die nämlichen sind) wieder davon ab, wie eng, wie lang die engen Wege und wie zahlreich diese Wege sind, die die Flüssigkeit durch den Schwamm zu durchlaufen hat; denn der Grad der Engigkeit jener Wege und die Länge der engen Strecke vermehren, die grössere Zahl der Wege dagegen vermindert das Hinderniss, das der Fortbewegung der Flüssigkeit entgegen steht, und dieselben Umstände sind es auch, welche das Hinderniss für den Durchgang des Blutes durch die Haargefässe beim lebenden Menschen vergrössern und verkleinern.

Wie treffend auch durch *Weber's* Modell viele Verhältnisse des Blutumlaufs aufgehellt werden, hinsichtlich der Strömungs- und Wellenbewegung zeigt sich einige Verschiedenheit, die wir nicht unerwähnt lassen können. In dem Modelle müssen die positiven Wellen sich fast ungeschwächt von *a* bis in die Nähe von *c* fortpflanzen, von wo sie dann kräftig reflectirt werden. Im arteriellen System dagegen werden sie immer schwächer und schwächer, weil die Geräumigkeit der Blutbahn bei stets wachsenden Widerständen fortwährend zunimmt, weshalb sie auch immer langsamer vorwärts schreiten. Demnach ist die Reflexion der Wellen im arteriellen Systeme viel unbedeutender, und die Wellenbegung geht mehr gleichmässig in die Strömungbewegung über. Ebenso erstrecken sich die negativen Wellen, welche von *b* ausgehn, bis in die Nähe von *c*, wo sie ebenfalls reflectirt werden; im Blutgefäss-

systeme dagegen schwinden die negativen Wellen schon in den grossen Venenstämmen.

Wir können ferner *Weber* nicht beistimmen, wenn derselbe nach diesem einfachen Modelle zum Schluss gelangt, das Herz könne den mittleren Blutdruck nicht vergrössern, sondern nur ungleich machen. Durch das Pumpen von *h*, meint er, werde der Druck in den Venen *v'v*, aus denen Flüssigkeit entfernt wird, vermindert, in den Arterien *aa'* dagegen vermehrt; deshalb bleibe denn der mittlere Druck gleich und nur durch Eingiessen von Flüssigkeit in den Trichter *l* könne derselbe grösser werden. Diese Behauptung würde ganz richtig seyn, wenn *v'v* und *aa'* die gleiche Weite und den gleichen Elasticitätscoefficienten hätten, und wenn bei den verschiedensten Graden des Drucks die gleichen Mengen zutretender Flüssigkeit die nämliche Druckerhöhung zur Folge hätten. In dem Modelle fehlt nur die letztgenannte Bedingung; beim Blutumlauf dagegen fehlen sie insgesammt. Die Venen nämlich sind weiter als die Arterien, sie haben auch, zumal bei geringem Drucke, einen grössern Elasticitätscoefficienten als die Arterien, und es nimmt die Capacität eines Blutgefässes, wie *Gunning's* Versuche dargethan haben, keineswegs der Druckerhöhung proportional zu.

Denkt man sich die Röhre *vv'* in *Weber's* Modell weiter und durch eine bestimmte Druckerhöhung ausdehnbarer, wie denn in der That die Venen weiter und ausdehnbarer sind, dann wird es auf der Stelle klar, dass beim Uebergange von Flüssigkeit aus *v'v* in *aa'* der Druck in *aa'* sich in grösserem Maasse erheben als in *vv'* fallen wird. Da nun durch die Herzthätigkeit das Blut in den Arterien angehäuft, aus den Venen aber weggeführt wird, so erhöht sich der mittlere Blutdruck durch die Herzthätigkeit. Ausführlicher hat hierüber *Donders* gehandelt (*Nederl. Lancet*, 3e *Serie III.* 627). In gleichem Sinne hat sich auch *Brunner* (Zeitsch. f. rat. Med. Bd. 5. S. 336) ausgesprochen. *Brunner* ist jedoch, gleichwie *Volkmann*, der Ansicht, dass der Blutdruck in so fern nicht von der Herzwirkung abhängig sey, als bereits eine Spannung im ruhenden Blute bestehe. *Donders* hat die ganze Druckdifferenz des durch die Venen ins Herz einströmenden und des durch die Arterien ausströmenden Blutes dem Herzen zugeschrieben. Wir kommen weiterhin darauf zu reden, wo dann auch einige Untersuchungen *Gunning's* über die Elasticitätscoefficienten von Arterien und Venen mitgetheilt werden sollen.

§ 32. Anwendbarkeit der hydraulischen Gesetze beim Blutumlauf.

Ein Blick auf den Blutumlauf in den Arterien wird die Bedeutung und die Anwendbarkeit der oben entwickelten hydraulischen Gesetze schon einigermassen darthun.

Wir sahen früher, dass die Contraction der Kammern gleich einer doppelten Druckpumpe wirkt, wodurch das Blut in den Kammern unter einen höhern Druck kommt, als in den Arterien; es öffnen sich deshalb die halbmondförmigen Klappen und eine neue Blutwelle strömt in die Arterien. Diese Wirkung des Herzens entspricht also jener des Druckgefässes H in den beschriebenen hydraulischen Experimenten: sie ist keine continuirliche, sondern nur während der Systole thätig, so lange die halbmondförmigen Klappen geöffnet bleiben. Die Triebkraft T des Blutes, mithin eben so der Druck D, unter welchem dasselbe steht, und die Geschwindigkeitshöhe F, unter welcher es sich fortbewegt, sind von dieser Kraft des Herzens abhängig. Je kräftiger das Herz wirkt, um so grösser sind die Triebkraft und der Druck, um so rascher erfolgt der Blutumlauf, desto grösser wird also auch der Widerstand, welcher durch die Bewegungsgeschwindigkeit bestimmt wird. Eine geringe Kraftäusserung des Herzens wird schon ausreichen, das Blut fortzutreiben, wobei aber die Geschwindigkeit und also auch der Widerstand sehr gemindert sind: immer bleibt $H = W + F$ (s. § 23). Wir sahen ferner weiter oben (§ 27), dass in Haarröhrchen die Mengen des in gleichen Zeiten ausgeflossnen Wassers proportional sind den Drucken. Da nun der Widerstand in den Blutgefässen hauptsächlich in den Capillaren zu suchen ist, so wird die Strömungsgeschwindigkeit auch ungefähr proportional dem Blutdrucke zunehmen; nur wird das Lumen bei einem höheren Drucke grösser und hierdurch die Strömungsgeschwindigkeit noch vermehrt werden. Da das Blut beim Verlassen der Arterien überall ein Capillarnetz durchlaufen muss, so wird bei geringer Geschwindigkeit der Widerstand schon sehr gross, und die Folge davon ist, dass W nur wenig kleiner als H ist, F also verhältnissmässig einen ganz unbedeutenden Werth hat.

Die Arterien verhalten sich wie elastische Röhren. Beim Eintreten einer neuen Blutwelle erhöht sich die Spannung und es tritt eine wellenförmige Fortpflanzung ein, welche als Puls gefühlt wird; dieser verschwindet aber wieder, bevor er noch das Haargefässsystem erreicht hat. Im letztern liegt der grösste Widerstand. Aus diesem Grunde wird der Seitendruck in den Arterienstämmen, trotz der grossen Geschwindigkeit des Blutumlaufs, langsam abnehmen und in den Venen, wo nur noch ein geringer Widerstand zu überwinden ist, sehr gering seyn.

Für die Blutbewegung in den Arterien und den Capillaren giebt es neben der Contraction des Herzens keine anderen Kräfte. In den Venen treten daneben, wie weiterhin sich ergeben wird, noch einige Hülfskräfte auf, die aber alle auch nur mechanischer Art sind. Da nun die Erscheinungen des Blutumlaufs bei einer gründlichen physikalischen Untersuchung vollkommen verständlich werden, wodurch andere Momente schon hinreichend ausgeschlossen sind, so erachten wir es für überflüssig, in eine Widerlegung der anachronistischen Annahmen von vitalen Kräften (*Grabau*, die vitale Theorie des Blutkreislaufs. Altona 1841) oder von Anziehungskräften (*Koenig*, der Kreislauf des Bluts und die Planetenbahnen. Weissensee 1844) einzugehen. Vgl. übrigens *Poiseuille* (*Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires.* 1835) und *Volkmann* (Hämodynamik. S. 292 ufg).

§ 33. Bestimmung des Blutdrucks.

Von grosser Wichtigkeit für die Hämodynamik ist eine genaue Bestimmung des Blutdrucks. In den Arterien, wo die Geschwindigkeitshöhe im Verhältniss zur Druckhöhe niedrig ist, bleibt die letztere nur wenig unter der Treibkraft zurück, und da in den grossen Arterienstämmen noch wenig Widerstand überwunden worden ist, so ist die Druckhöhe auch ziemlich der Kraft gleich, welche das Herz ausübt. Sie entspricht ferner auch ungefähr den Widerständen, welche das Blut von dem untersuchten Punkte an in seinem ferneren Laufe findet, und sie würde diesen ganz gleich seyn, wenn sich keine Hülfskräfte in den Venen vorfänden, und wenn das Blut ohne Druck mit der gleichen Geschwindigkeit, welche es an der untersuchten Stelle hat, in den Vorhof gelangte.

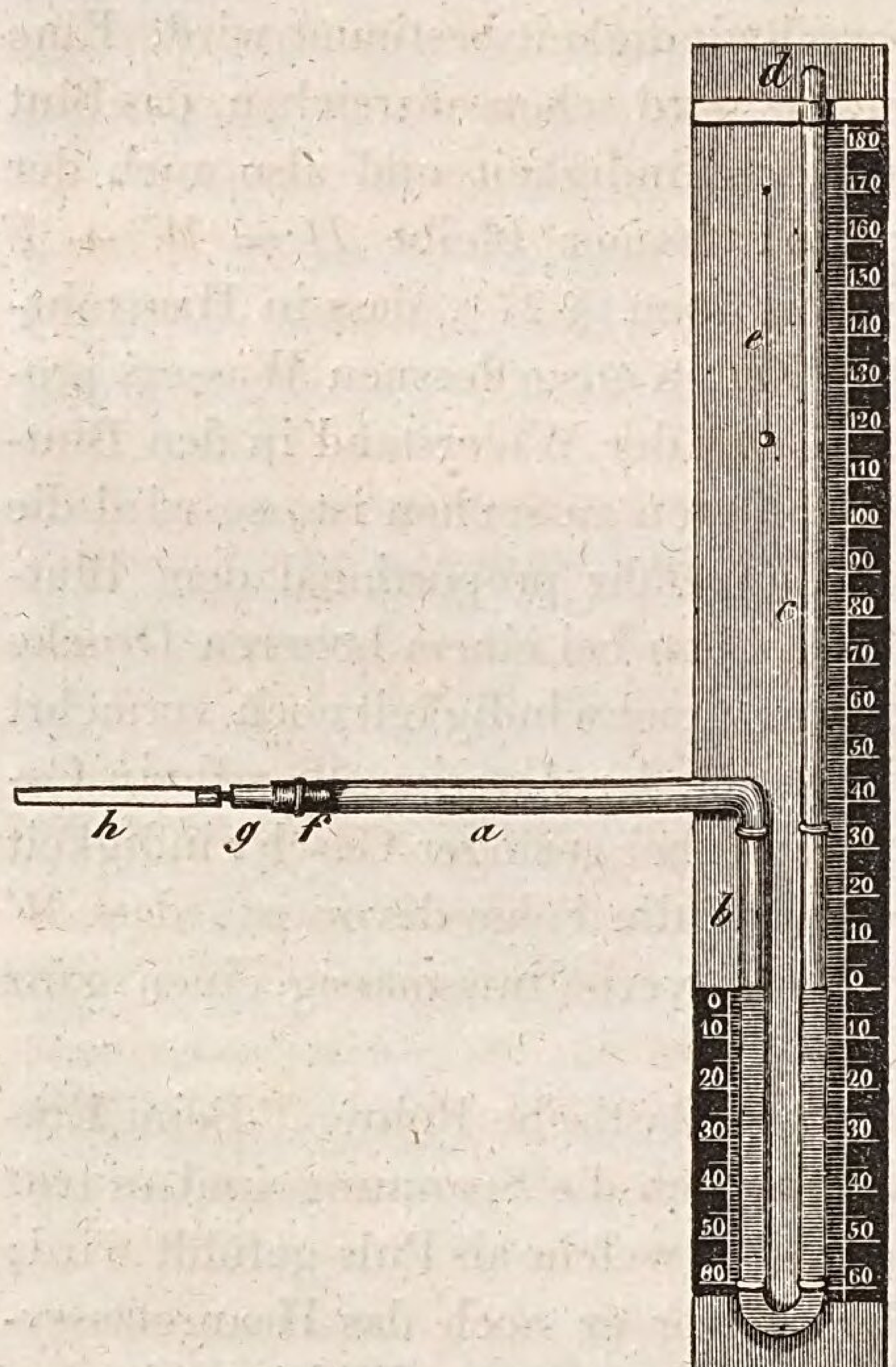


Fig. 31.

Fig. 31. *Poiseuille's* Hämodynamometer.

Hales hat zuerst den Blutdruck zu bestimmen gesucht. Er untersuchte, wie hoch das Blut in einer gläsernen Röhre stieg, welche durch ein unter rechtem Winkel umgebognes metallnes Röhrchen in eine Arterie eingefügt war. *Poiseuille* verbesserte diese Methode dadurch, dass er ein mit Quecksilber gefülltes Manometer benutzte, und den Druck aus der Verschiedenheit des Quecksilberstandes in dem absteigenden und aufsteigenden Schenkel bestimmte (Fig. 31). Es trat hierbei nur wenig Blut aus dem Gefässsysteme, dessen Menge auch noch dadurch verringert wurde, dass er den Raum über dem Quecksilber des absteigenden Schenkels mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron füllte, um die Gerinnung des Bluts in dem Manometer zu verhindern. *Poiseuille* nannte diesen Apparat Hämodynamometer, und er stellte damit schon eine grössere Reihe von Versuchen an.

Durch das in die Arterien eingeführte Röhrchen wurde zugleich das Lumen derselben abgeschlossen, und dadurch entstand eine geringe Erhöhung des Widerstandes im Gefässsysteme des Thiers. Diesem Uebelstande begegnete *Ludwig* durch die in Fig. 32 abgebildete Vorrichtung. Derselbe befestigte nämlich an *Poiseuilles* Hämodynamometer ein Mundstück, bestehend aus einem cylinderförmigen Röhrchen *a*, dessen Ende ein kleines schmales Plättchen *b* angefügt ist, welches durch die Incision der Arterie *A* in diese eingeführt werden und durch Herabschrauben von *c* befestigt werden kann, wobei sich zugleich die gemachte Incision schliesst. Wird nun das Hämodynamometer mit *a* in Verbindung gesetzt, so kann das Blut in den Manometer eindringen, ohne dass der Blutumlauf im Gefässe selbst gehindert wird. Der Seitendruck des Bluts kann so gemessen werden, ohne dass derselbe durch den Versuch selbst eine Abänderung erleidet.

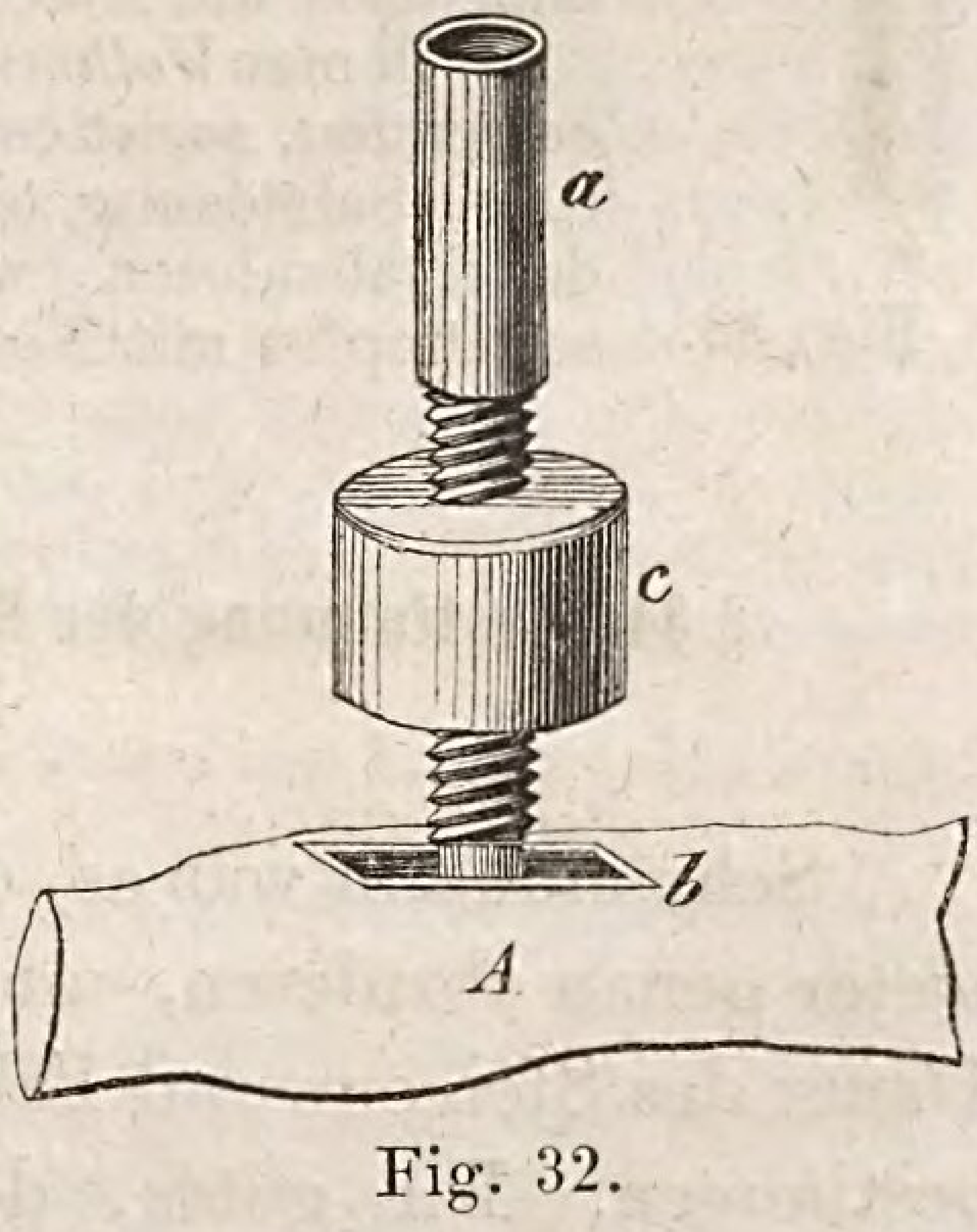


Fig. 32.

An solchen Stellen, wo der Apparat von *Poiseuille* nicht angewendet werden kann, z. B. an der Aorta, kann man sich des von *Volkmann* beschriebenen Hämodynamometers bedienen: es steigt hier das Blut in einer vertikalen oben geschlossenen Röhre in die

Fig. 32. *Ludwig's* Ansatzstück an das Hämodynamometer von *Poiseuille*.

Höhe und aus der Comprimirung der darin enthaltenen Luft wird der Blutdruck bestimmt. Die Temperaturveränderungen der Luft gestatten aber nicht, genaue Beobachtungen damit anzustellen.

Der klassische Versuch von *Hales* ist in dessen Statik des Geblütes, Halle 1748. S. 1—41 beschrieben. Nach *Volkmann* erhält man mit dem Hämodynamometer von *Poiseuille* (*Journ. de physiologie T.* 9. *p.* 341) den Werth *H*, weil der Blutumlauf in dem Gefässe unterdrückt und somit nicht blos *W*, sondern auch *F* gemessen wird. Diese Vorstellung halten wir aber nicht für richtig. Die Abschliessung eines einzelnen Gefässes wird den Blutdruck im ganzen Gefässsysteme erhöhen müssen, wenn auch nicht auf gleichmässige Weise; die Arterie selbst aber, worin der Blutumlauf stockt, wird sich wie ein Abschnitt des Druckmessers verhalten, und es wird somit der Seitendruck für jenen Punkt bestimmt, wo die Arterie von ihrem Stamme abgeht. So sind *Poiseuille's* Versuche aufzufassen. Mit dem Ansatzstücke *Ludwig's* (*Spengler, Symbolae ad theoriam sanguinis arteriosi fluminis. Marburgi* 1845) erhält man den unveränderten Seitendruck an der Stelle der Einfügung selbst. Dieses Ansatzstück hat *Valentin* geändert, indem er statt der Schraube eine Feder benutzt, mittelst deren eine zweite kleine Platte mit einem kürzeren Cylinder, der den längeren umschliesst, angedrückt wird. *Volkmann* (Hämodynamik S. 146) benutzt einfach ein kürzeres metallnes Röhrchen (Fig. 33), auf dessen Mitte ein ähnliches Röhrchen vertikal steht: *a* und *b* werden an die Enden der durchschnittenen Arterie befestigt, und mit *c* steht das Hämodynamometer in Verbindung. Dieses Röhrchen ist sehr brauchbar; man kann es auch einbringen, ohne dass die Arterien vorher ganz durchschnitten wurden.

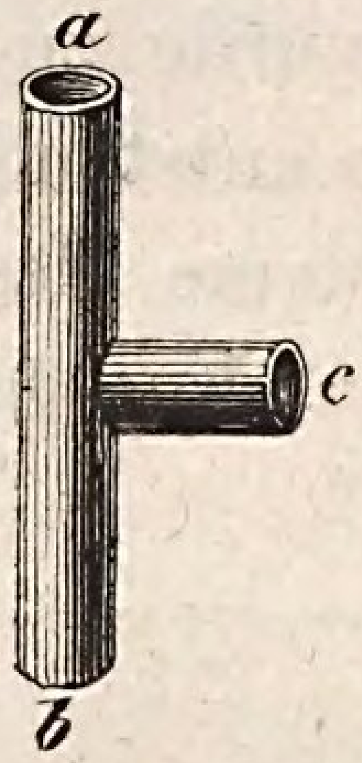


Fig. 33.

Will man *Volkmann's* (Hämodynamik S. 146) Hämodynamometer anwenden, so ist es am Besten, die Temperatur der darin enthaltenen Salzlösung und Luft zuerst auf Blutwärme zu bringen und dabei abzulesen, weil eine stärkere Sättigung der Luft mit Wasserdämpfen mit Nothwendigkeit eintritt.

§ 34. Bestimmung der Höhe und Dauer der Wellen mittelst des Kymographion.

Sehr mühsam war es, die Höhe jeder Welle am Hämodynamometer genau abzulesen, und geradezu unmöglich war es, genau die Dauer des Steigens und Fallens, also die ganze Form der Welle zu bestimmen. Ein gutes, dem Zwecke entsprechendes Instrument wurde von *Ludwig* erfunden, welches durch *Volkmann* den Namen *Kymographion* d. h. Wellenschreiber erhielt. Auf die freie Quecksilbersäule des Hämodynamometers von *Poiseuille* kommt ein länglicher Schwimmer, der auf seinem obern freien Ende eine Feder trägt, wodurch die Bewegungen des Quecksilbers auf ein Papier aufgezeichnet werden, das an einem um seine Axe sich drehenden Cylinder befestigt ist und mit gleichmässiger Geschwindigkeit sich an der Feder vorbei bewegt. Will man das Instrument

Fig. 33. *Volkmann's* Ansatzstück ans Hämodynamometer.

benutzen, so lässt man den Cylinder sich erst einmal herumdrehen, während das Manometer im Gleichgewicht und der Hahn noch geschlossen ist, durch welchen das Hämodynamometer mit dem Blute in Verbindung gebracht werden kann. Man erhält so auf dem Papiere eine horizontale Linie (Fig. 34 *AB*), welche in sich selbst zurückkehrt. Wird aber nun der Hahn geöffnet, so giebt sich auf der Stelle der Blutdruck kund, indem sich der Schwimmer hebt, dessen Feder die Wellen *ab* regelmässig aufträgt. Die Ordinaten auf der geraden Linie bezeichnen die Dauer der Wellen, die Abscissen aber entsprechen dem halben Blutdrucke, in Quecksilbermillimetern ausgedrückt.

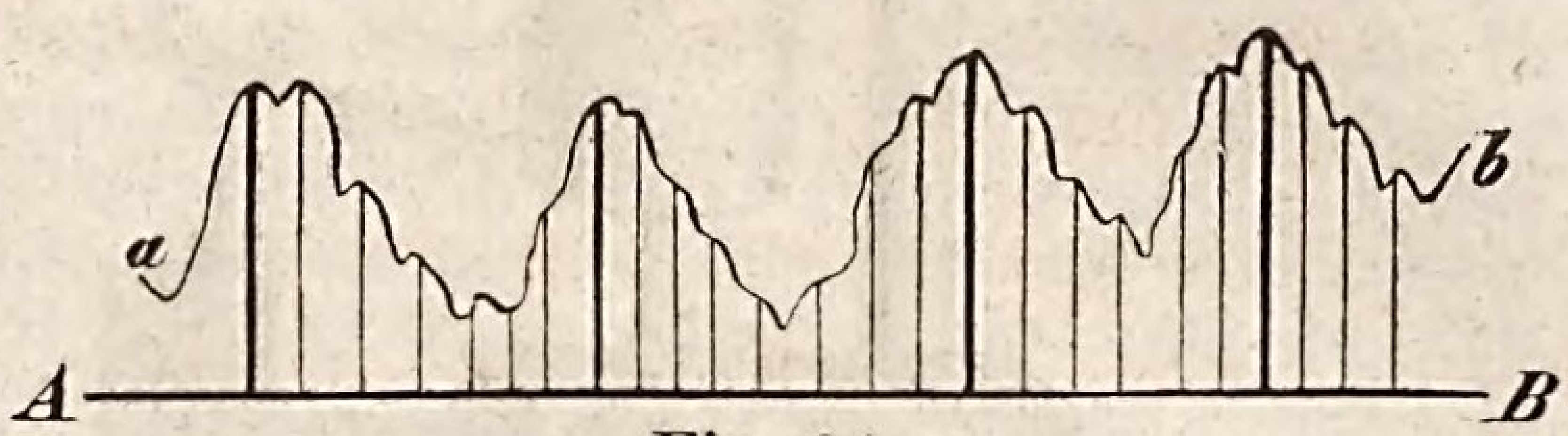


Fig. 34.

Das Kymographion ist nach dem Principe der selbstregistrirenden Instrumente eingerichtet, deren man sich besonders in der Meteorologie bedient. (*Krecke, Déscription de l'observatoire météorologique et magnétique à Utrecht* 1849.) Der Schwimmer in *Ludwig's* Kymographion bestand aus einem elfenbeinernen Cylinderchen, welches genau an die Röhre anschliessen muss, damit kein Quecksilber zwischen das Cylinderchen und die Röhre treten kann, ferner aus einem prismatischen hölzernen Stäbchen von etwa 200 Millim. Länge, einer elfenbeinernen Schraube und einem Federhalter mit einer Raben- oder Taubenfeder, deren Schaft mitten der Länge nach durchschnitten ist und mit dem Federschafte von einem noch kleineren Vogel in Verbindung steht. Diese feine Feder zeichnet die Bewegungen des Quecksilbers ganz ohne Reibung mittelst Dinte auf glattes Papier, welches auf einem kupfernen Cylinder (Fig. 18 *b*) aufgespannt ist. Der Cylinder wird durch ein Uhrwerk gleichmässig um seine Axe gedreht; das Uhrwerk aber wird durch ein Gewicht getrieben und durch einen Rotationspendel *a* geregelt.

Volkmann hat an dem Schwimmer und der Feder des Instruments zweckmässige Veränderungen angebracht, wie es in Fig. 35 dargestellt ist. Sein Schwimmer *e* ist ein eisernes Prisma, fast so lang als der aufsteigende Schenkel des Manometers *c*, worin er steckt, und so dick, dass seine scharfen Kanten 1½ Millim. von der Wand der Röhre entfernt bleiben. An dieses Prisma hann ein kleinerer elfenbeinener Cylinder geschoben werden, der einen Zoll Länge hat und fast so dick ist, wie das Lumen der Röhre. In der mit Quecksilber gefüllten Röhre sinkt das Prisma zum Theil ein, und zum Theil ragt es über dem Quecksilber heraus. Der Elfenbeincylinder wird nun so tief am Prisma herabgeschoben, dass seine Unterfläche auf der Oberfläche des Quecksilbers ruht; hierdurch wird erreicht, dass der Schwimmer mit dem Quecksilber nach oben steigt und durch seine Schwere alsbald auch wieder mit dem Quecksilber sinkt. Am oberen Ende des eisernen Prisma wird die Feder oder der Pinsel *h* befestigt, und zwar mittelst eines breiten, dünngeschliffenen und deshalb sehr biegsamen Fischbeinstäbchens *g*, welches durch ein grosses, längliches Oehr, wie von einer groben Nadel, hindurchgeführt wird. An dem einen Ende hat das Fischbeinstäbchen hinreichende Stärke, um den Schaft einer Gänsefeder daran zu befestigen, die dem Zwecke vollkommen entspricht, wenn sie blos mit dem elastischen Fischbeinstäbchen verbunden ist. Noch zweckmässi-

Fig. 34. Schematische Blutwellencurve.

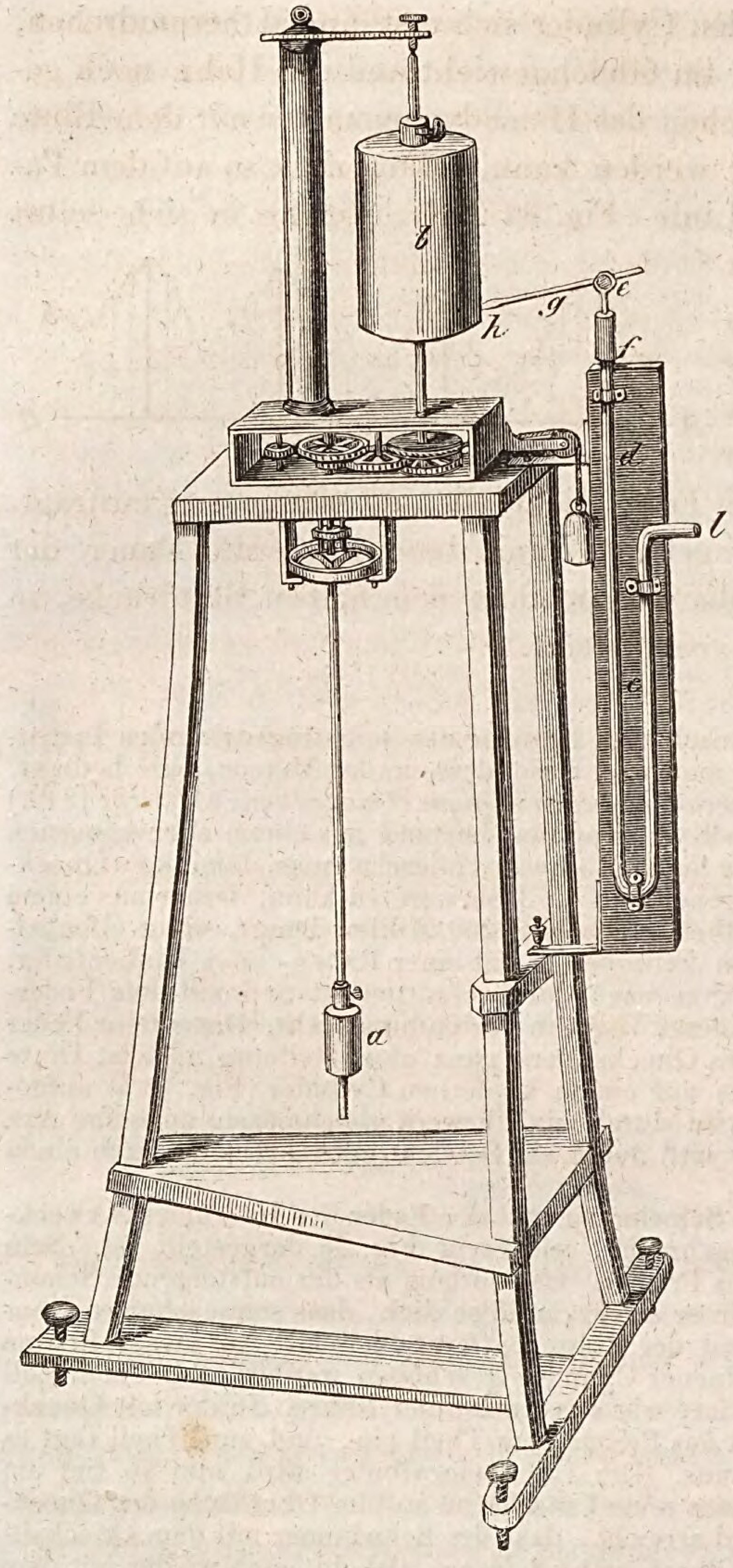


Fig. 35.

ger fand jedoch *Volkmann* Miniaturpinsel. Durch das elastische Stäbchen wird die Feder oder der Pinsel mit einem Minimum von Kraft an das Papier angedrückt.

Wir selbst benutzen einen Apparat vom Mechanikus Keinath in Tübingen, welcher durch ein Gewicht getrieben und mittelst Windflügel geregelt wird. Derselbe entspricht seinem Zwecke ganz gut, nur sollte die Umlaufszeit daran noch mehr geregelt seyn. Mehrere Manometer lassen sich daran befestigen und auf und nieder schieben. Der Schwimmer ist nach *Volkmann's* Angabe und mit einem Pinsel versehen, der mit Tusche befeuchtet recht scharfe Linien giebt, und nur bei der Umkehrung des Steigens und Fallens immer einen kleinen Fehler macht. Will man ganz genaue Linien, so kann man durch ein Haar oder durch einen feinen Metalldraht auf eine mit Russ bedeckte Fläche schreiben lassen, ein Verfahren, dessen sich *Helmholtz*, *Volkmann*, *Vierordt* zu verschiedenen physiologischen Zwecken bedient haben.

Da das Quecksilber im absteigenden Schenkel um eben so viel fällt, als es sich im aufsteigenden hebt, und die Differenz der beiden Schenkel den vollen Druck angiebt, so ist es klar, dass die Abscissen, welche man durchs Kymographion erhält, nur den halben Druck angeben. Bei zu starken Wellen gab *Ludwig* dem aufsteigenden Schenkel den doppelten Durchmesser des absteigenden: die Bewegungen im letztern betragen dann natürlich nur ein $\frac{1}{4}$ der Bewegung im ersten. Dabei verfünffacht sich nun aber auch jeder Fehler, der bei gleich weiten Röhren sich nur verdoppelt. Mit dem veränderten *Volkmann'schen* Schwimmer braucht man die Bewegungen nicht auf diese Weise zu verkleinern.

Fig. 35. Das Kymographion mit *Volkmann's* Verbesserungen.

Wie genau auch das Kymographion die Bewegungen des Quecksilbers im Manometer aufzeichnet, der Blutdruck, wie er jeden Augenblick im Arteriensysteme vorhanden ist, wird dadurch nicht genau dargestellt. In weiten Arterien, welche man durch einen geräumigen Kanal mit dem Manometer in Verbindung setzen kann, veranlasst die plötzliche Druckerhöhung ein zu starkes Steigen des Quecksilbers im Manometer, und umgekehrt fällt das Quecksilber bei der plötzlich nachfolgenden Druckverminderung tiefer, als es der noch vorhandene Arteriendruck fordert. Besonders beim Fallen geht die rasch bewegte Quecksilbersäule über den Stand hinaus, den sie nach dem Drucke in der Arterie haben sollte. Bei engen Arterien dagegen, welche nur mittelst eines Ansatzes von geringem Durchmesser mit der verhältnissmässig weiten Manometerröhre in Verbindung gesetzt werden können, fallen die Schwankungen beim schnellen Wechsel des Drucks zu unbedeutend aus, weil die Zeit nicht ausreicht, um die nöthige Flüssigkeitsmenge durch die enge Röhre aus- und eintreten zu lassen, wodurch das Maximum und das Minimum des Drucks angezeigt würde. Bringt man in der Manometerröhre über dem Quecksilber des absteigenden Schenkels eine bedeutende Verengerung an, dann fallen die Schwankungen beinahe ganz aus, und man kann den mittlern Blutdruck in der Arterie unmittelbar ablesen. Man sieht ferner leicht ein, dass die Schwankungen in dem durch eine elastische Röhre verbundenen Manometer etwas später eintreten, als in dem Blutgefässe, und dass der Austritt von Flüssigkeit aus dem Blutgefässe zur Zeit der Druckerhöhung, zumal bei kleineren Thieren, eine gewisse Abnahme des Drucks veranlasst.

Die theoretische Prüfung der Leistungen des Hämodynamometers s. bei *Redtenbacher*, Prof. des Maschinenbaues an der polytechnischen Schule zu Karlsruhe, in *Vierordt's* Lehre vom Arterienpulse S. 12 flg.

§ 35. Der Blutdruck in verschiedenen Arterien und bei verschiedenen Thieren.

Setzt man das Hämodynamometer mittelst des *Ludwig*'schen Ansatzstückes mit einer Arterie in Verbindung, so hebt sich das Quecksilber im aufsteigenden Arme, und die Differenz desselben im absteigenden und aufsteigenden Arme, wenn die Correction für den Druck des Bluts und der Salzlösung angebracht wird, giebt den Blutdruck an jener Stelle der Arterie an, mit welcher das Hämodynamometer in Verbindung steht.

Die Quecksilbersäule bleibt hierbei aber nicht in Ruhe, sondern zeigt anhaltende Schwankungen, welche theils von der rhythmischen Wirkung des Herzens, theils auch vom Mechanismus des Athemholens ausgehen. Während der Exspiration ist der Blutdruck grösser als während der Inspiration, und jede Systole des Herzens, welche eine neue Blutwelle in die Arterien treibt, pflanzt sich als erhöhter Druck durch das ganze Arteriensystem fort. Ist der Respirationsrhythmus viel langsamer als jener der Herzthätigkeit, so findet man an den durchs Kymographion erhaltenen Linien (Fig. 36 *a b*) längere Bogen,

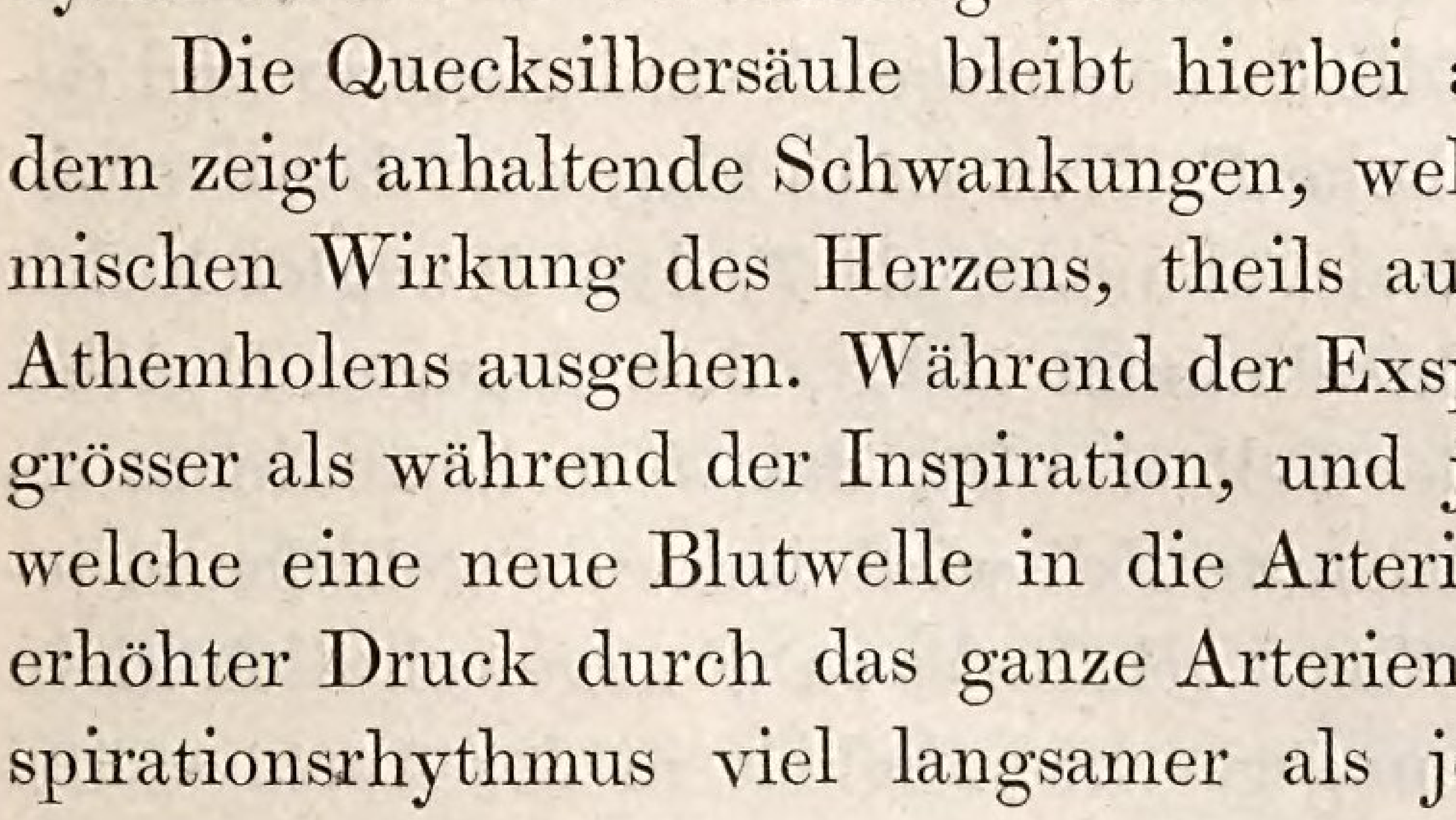


Fig. 36.

Fig. 36. Kymographische Curve, deren grössere Vorsprünge dem Respirationsrhythmus, die kleinern dagegen dem pulsatorischen Rhythmus entsprechen.

welche der Respiration angehörig sind, und an diesen wiederum kleinere Bogen, welche dem Rhythmus der Herzthätigkeit zufallen.

Aus seinen Versuchen schloss *Poiseuille*, dass der Blutdruck bis in die kleinsten Aeste der Arterien sich gleich bleibt, und er fand den schon von *Hales* und von *Sauvages* ausgesprochenen Satz bestätigt, dass dieser Druck auch bei den verschiedenen warmblütigen Thieren nicht variirt; er schätzte denselben auf 160 Millim. Quecksilber. *Volkmann's* Versuche indessen sprechen nicht für einen gleichbleibenden Blutdruck bis in die feinsten Arterienäste hin, denn er fand beim Hunde, beim Schaafe, bei der Ziege und beim Pferde den Blutdruck im unteren Abschnitte der durchschnittenen Carotis grösser, als in dem oberen Stücke des Gefässes. Im unteren Abschnitte der Carotis aber findet man, wie man leicht einsehen wird, den Blutdruck in der Aorta oder Innominata, dort wo die Carotis entspringt; im oberen Abschnitte dagegen den Druck etwa im *Circulus Willisii*, wo die *Carotis interna* der betreffenden Seite damit zusammenhängt. Er fand ferner bei einem Kalbe den Druck in der *Carotis centralis* um 19,5 Millim. Quecksilber grösser als in der *Arteria metatarsi*. Einen solchen Unterschied postulirt die Theorie jedenfalls für die Treibkraft $T = D + F$, welche das Blut fortschiebt; dieselbe nimmt vom Herzen an gerechnet an jedem Punkte des Gefässsystems durch den Widerstand ab, und ist deshalb nothwendig in den Aesten der Arterien kleiner als in den Stämmen, woraus diese entspringen. Da nun aber die Summe der Lumina der Aeste grösser ist als das Lumen des Stammes, so nimmt auch die Strömungsgeschwindigkeit ab und damit die Geschwindigkeitshöhe F. Nun ist es klar, dass D unverändert bleibt, wenn F gleichviel abnimmt als T, dass D zugleich sich vermindert, wenn T mehr abnimmt als F, dass dagegen D selbst zunehmen muss, wenn der Fall eintritt, dass F mehr abnimmt als T. (S. § 26.) Der letztgenannte Fall wird indessen wohl kaum jemals vorkommen, weil F im Verhältniss zu T ungewöhnlich klein ist. Setzen wir die Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta = 400 Millim. in der Secunde, so erhalten wir $F = \frac{400^2}{4900 \,.\, 4} = \frac{160000}{19600} = 8,2$ Millim. Blut, nach der Formel $F = \frac{v^2}{4g}$, und die grösste Geschwindigkeitshöhe ist somit gewiss kleiner als 1 Millim. Quecksilber. Vermindert sich nun F auf die Hälfte, weil die Blutbahn sich verzwiefacht, so hat man noch nicht $\frac{1}{2}$ Millim. Quecksilber, und diess

scheint nicht leicht vorkommen zu können, ohne dass durch den zu überwindenden Widerstand inzwischen weit mehr als $\frac{1}{2}$ Millim. Quecksilberdruck von der Treibkraft verloren gegangen ist. Man erwäge dabei, dass eine bedeutendere Erweiterung der Blutbahn nicht ohne das Auftreten einer Verästelung vorkommt: bei jeder Verzweigung aber ist nicht nur ein besonderer Widerstand zu erwarten, sondern es pflanzt sich auch die Geschwindigkeitshöhe nicht vollständig in den Ast fort, und wohl um so weniger, je kleiner der Cosinus des Winkels wird, unter welchem der Ast von dem Stamme entspringt. Aus dieser Betrachtung folgt, dass die Abnahme der Treibkraft nach der Peripherie zu auch in den grossen Stämmen bedeutender ist, als die Abnahme der Geschwindigkeitshöhe, und dass mithin der Blutdruck in den Arterien nach der Peripherie zu stets abnimmt. Natürlicher Weise muss hierbei auch noch der Einfluss der Schwerkraft in Rechnung gebracht werden: dadurch mindert sich der Druck in allen höher gelegnen Aesten, und er verstärkt sich in den niedriger gelegnen. In Widerspruch mit der obigen Entwickelung wurde indessen der Druck in der Cruralis im Allgemeinen höher gefunden, als in der Carotis. Wenn bei diesen vergleichenden Bestimmungen nicht aufs Genaueste dafür gesorgt wurde, dass die Cruralis mit der Carotis in der nämlichen horizontalen Ebene sich befand, so würde diese auffallende Abweichung hieraus zu erklären sein. Uebrigens folgt aber aus dieser Betrachtung, dass die Stellung, beim Menschen zumal, einen nicht unbedeutenden Einfluss auf den Druck in den verschiedenen Gefässen ausübt.

In einzelnen Arterien wird der Blutdruck noch durch besondere Verhältnisse modificirt. So tragen die Krümmungen der *Carotis interna* und der *Vertebralis* neben der aufrechten Stellung einigermaassen dazu bei, den Blutdruck im Gehirne zu vermindern; der Blutdruck im *Arcus aortae* wird an der gewölbten Seite grösser sein als an der Hohlseite, was den Lauf des Blutes durch den *Ductus arteriosus Botalli* während des Fruchtlebens befördern muss, während das Blut in den Bronchialarterien unter einem verhältnissmässig geringen Drucke steht; in jenen Bahnen, wo der Widerstand besonders gross ist, wird die Strömungsgeschwindigkeit in den zuführenden Stämmen gemindert, der Druck demnach etwas erhöht sein, und sicher wird er nach dem Capillarsysteme hin minder schnell abnehmen u. s. w.

Sehr schwer ist es, darüber ins Reine zu kommen, ob der Blut-

druck bei verschiedenen Thierarten verschieden ist. Wahrscheinlich nimmt er in den Hauptstämmen mit der Grösse des Thieres etwas zu. Indessen hat man bei verschiedenen Individuen derselben Art in der nämlichen Arterie zu verschiedene Abweichungen gefunden, die störenden Einflüsse sind zu mannigfaltig, und die Umstände, unter denen sich die Thiere befinden, sind zu sehr von einander abweichend, als dass eine zuverlässige Entscheidung darüber möglich wäre. Das hingegen steht fest, dass der Blutdruck in kaltblütigen Thieren viel niedriger ist als in warmblütigen, und eben so scheint er auch bei sehr jungen und sehr alten Thieren niedriger zu sein, als bei Individuen von mittlerem Lebensalter. Unter den warmblütigen Thieren erhielt *Ludwig* als Maximum bei einem Pferde 321, *Volkmann* aber 214 Millim. in der Carotis, und das Minimum von 88 Millim. wurde bei einem Huhne gefunden.

Bei den warmblütigen Thieren kann man mit *Volkmann* den mittleren Blutdruck am Anfange der Aorta auf ungefähr 200 Mill. Quecksilber anschlagen.

Um die Druckverhältnisse in verschiedenen Gefässen vergleichen zu können, muss der mittlere Druck aus den durchs Kymographion gebildeten Linien genau bestimmt werden. *Volkmann* benutzte hierzu eine Methode, deren sich früher schon die Meteorologen mit Erfolg bedient haben (Fig. 37). Auf einem feinen Blatte Papier von gleichmässiger Dicke wird mit dem Kymographion die Abscisse *ab* und die Curve *cd* gezeichnet. Dann wird eine zweite Linie *ef* der Abscisse parallel gezogen und das Rechteck *abef* ausgeschnitten und gewogen. Hierauf schneidet man das Papierparallelogramm genau nach der Richtung der Linie *cd* durch und wiegt beide Stücken ab. Das Gewicht des ganzen Stücks verhält sich nun zu dem Stücke zwischen den Abscissen und der krummen Linie, wie die Linie *fb* zum mittleren Drucke. Gleichmässige Dicke des Papiers ist hierbei eine unerlässliche Bedingung. Deshalb verdient die Messung mit dem Planimeter vielleicht den Vorzug.

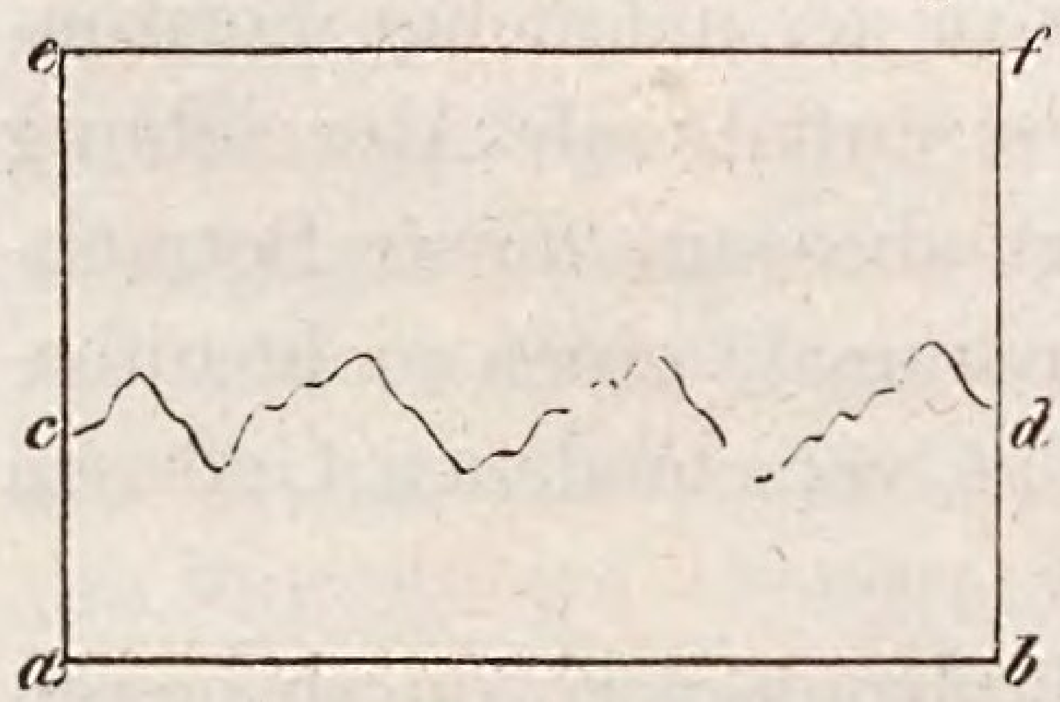


Fig. 37.

Volkmann's Versuche über den Blutdruck in verschiedenen Arterien sind in dessen Hämodynamik S. 167 u. flg. verzeichnet. Die Beweiskraft aller hierher gehörigen Versuche hat *Donders* (*Nederl. Lancet*, 3e *Serie III*. 602) untersucht. Nach der Theorie muss der Blutdruck, welcher in den Arterienstämmen nur geringe Differenzen zeigt, in den kleineren Aesten in verschiedenem Maasse abnehmen je nach den Widerständen, die in der Blutbahn vorkommen, oder richtiger nach der Zahl der Widerstände, die bereits überwunden wurden. Das Lumen und die Länge der Haargefässe neben der Form der Haargefässe kommen dabei in Betracht. So wird der Druck in den kleinen Arterienästen und in den Haargefässen, aus denen sich das Pfortadersystem entwickelt, grösser sein als anderswo, weil der Widerstand im Capillarsysteme der Leber noch überwunden werden muss. Eben so ist auch in den kleinen Arterien der Nieren ein höherer Druck zu erwarten, wo der Widerstand in den Malpighischen

Fig. 37. Kymographische Curve nach *Volkmann*.

Körperchen und in dem langen Haargefässnetze grösser sein muss; — geringere Geschwindigkeit der Blutbewegung ist die nothwendige Folge dieses grösseren Widerstandes. Abkühlung des Blutes in der Haut erzeugt ebenfalls Erhöhung der Widerstandscoefficienten und eine Verlangsamung des Blutumlaufes, wie man schon daraus entnehmen kann, dass sich nach einem Drucke auf die kalte Haut die Röthe nur langsam wieder herstellt: die Folge davon ist ein sehr langsam abnehmender Blutdruck in den zuführenden Hautarterien. Wenn dagegen die Haargefässe weit sind und der Widerstand geringer ist, dann wird die Geschwindigkeit des Blutstroms in den zuführenden Arterien grösser sein und damit wird auch der Blutdruck in den Arterien nach den Haargefässen hin schneller abnehmen; denn immer ist der Seitendruck an einer bestimmten Stelle (abgesehen von der Correction für die verschiedene Geschwindigkeitshöhe) den Widerständen gleich, welche noch überwunden werden müssen. Deshalb nimmt in den Arterien bei einer langsameren Blutbewegung der Druck nach dem Capillarsysteme zu auch weniger ab, wenn in den abführenden Venen ein besonderer Widerstand zu überwinden ist, oder wenn sich das Blut in denselben der Richtung der Schwere entgegen bewegen muss. — Alle diese Modificationen, namentlich so weit sie die Haargefässe betreffen, sind für die Ernährung und die Absonderung von besonderer Bedeutung.

Lehrreiche Untersuchungen an Pferden und Hunden verdanken wir *Ludwig* (*Müller's* Archiv 1847. S. 242); sie sollten hauptsächlich den Einfluss der Respirationsbewegungen auf den Blutumlauf im Aortensysteme nachweisen. Die beigefügten Tabellen sowohl als die vielen durchs Kymographion erhaltenen Linien zeigen ganz deutlich, dass die Schwankungen ungemein gross sind. Der mittlere Druck in der Carotis mag bei Pferden etwas grösser ausgefallen sein als bei Hunden, der Unterschied ist aber gering. Meistens weichen die Maxima und die Minima bei Pferden mehr von einander ab, als bei Hunden, was mit der grössern Langsamkeit des Pulses und des Athemholens zusammenhängt. Es darf uns nicht befremden, dass der Blutdruck bei kleineren Säugethieren nicht viel niedriger ist als bei grösseren, wenn wir nur bedenken, dass zwischen der Blutmenge, der Kraft des Herzens und der Capacität des Gefässsystems das nämliche Verhältniss bestehen kann, so dass dann auch die Geschwindigkeit des Blutstroms nicht verschieden zu sein braucht. Dabei kann jedes Organ als ein Theil des nämlichen Organes eines grossen Thieres gelten, somit der Druck in jener der gleichen physiologischen Function bestimmten Pulsader auch gleich sein dem Drucke einer gleich grossen Arterie eines grösseren Thieres. Bei gleicher physiologischer Function kann man bei warmblütigen Thieren den gleichen Druck in den Capillaren annehmen. Verhält sich die Sache in dieser Weise, so muss in den gleichnamigen Arterien bei grösseren Thieren der Druck bedeutender sein als bei kleineren, weil das Blut in jenen einen noch längeren Weg zurückzulegen hat und auf diesem einen grössern Widerstand findet. Wirklich scheinen die Bestimmungen des Blutdrucks bei Thieren von verschiedener Grösse damit im Einklange zu stehen.

Das Bestehen eines gleichmässigen Blutdrucks in den Capillaren verschiedener Thiere weist darauf hin, dass es einen Regulator der Herzkraft giebt, den wir aber nicht kennen. Wir wissen (§ 32), dass der Blutumlauf auch zu Stande kommen würde, nur mit geringerer Geschwindigkeit und unter einem geringeren Blutdrucke, wenn auch das Herz eine viel geringere Thätigkeit besässe. Darin liegt der Beweis für das Vorkommen eines Regulators. Derselbe steht wahrscheinlich in genauerer Beziehung zur Geschwindigkeit des Blutstroms, als zum Blutdrucke, da es anerkannt ist, dass bei pathologisch vermehrtem Widerstande in den Blutgefässen, wobei $F:D$ kleiner wird, die Herzthätigkeit H zunimmt. So entspricht H den Bedürfnissen des Organismus, ohne dass wir den Grund dafür nachweisen können.

Der niedrigere Blutdruck bei kaltblütigen Thieren beruht auf einer weniger kräftigen Thätigkeit des Herzens. Damit steht ohne Zweifel der ganze Stoffwechsel bei diesen Thieren im genauesten Zusammenhange. Einerseits sieht man, das bei kaltblütigen Thieren $F:W$ grösser sein muss als bei warmblütigen, weil die weiteren Haargefässe bei gleicher Geschwindigkeit des Blut-

stroms einen geringeren Widerstand voraussetzen lassen. Andererseits kommt aber das kältere Blut in Anschlag, welches eben so, wie in der abgekühlten Haut warmblütiger Thiere, zu einer Vermehrung des Widerstands Veranlassung giebt. Bleibt nun auch bei ihnen $F : W$ grösser, so wird sich doch $W : H$ noch nicht viel von der Einheit entfernen, und ihre Herzthätigkeit kann somit bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit schwächer sein als bei den Warmblütigen.

Aeltere Bestimmungen des Blutdrucks, die aber neben den genauern mittelst des Kymographion erhaltenen nur einen historischen Werth haben, finden sich bei *Valentin* (Physiologie, Bd. 1. S. 455 u. f.).

§ 36. Blutdruck in der Arteria pulmonalis.

Lange Zeit hatten wir keine Bestimmungen über den Blutdruck in der *Arteria pulmonalis,* bis derselbe unter *Ludwig's* Anleitung von *Beutner* bei Hunden, Katzen und Kaninchen untersucht worden ist. In den linken Ast der Lungenarterie wurde ein wenn möglich rechtwinklich umgebognes silbernes Röhrchen mit dünnen Wänden eingeführt; dieses wurde mit dem Hämodynamometer, und dieses wiederum mit dem Kymographion in Verbindung gesetzt. Der Blutumlauf durch die linke Lunge wurde dadurch bei Katzen und Kaninchen vollständig, beim Hunde grösstentheils aufgehoben, und diess konnte den Widerstand sowohl unmittelbar als durch Erweckung der Herzthätigkeit verstärken. Dessen ungeachtet wurden beim Hunde nur 29,6, bei der Katze 17,6, beim Kaninchen 12,07 Millim. Quecksilberdruck gefunden. Die Grösse des Thiers scheint dabei nicht sehr in Betracht zu kommen. — Durch Bestimmung des Blutdrucks in der Carotis vor Eröffnung des Brustkastens wurde dargethan, dass dieses Oeffnen auf die Herzthätigkeit keinen bedeutenden Einfluss hatte. Die gleichzeitige Bestimmung des Blutdrucks in der Carotis und in der Lungenarterie lehrte, dass derselbe in letzterer etwa drei Mal niedriger war als in der Carotis, und alsbald auch verhältnissmässig noch mehr abnahm.

Ein geringerer Blutdruck in der Lungenarterie lässt sich *a priori* erwarten, da die rechte Kammer dünnere Wände hat. Diese werden eine geringere Kraft äussern, und H' der rechten Kammer wird mithin niedriger sein als H der linken Kammer. Ausserdem wird aber auch W' herabgedrückt werden, weil F' verhältnissmässg gross seyn muss. In der Lungenarterie nämlich, da sie ziemlich gleiche Weite mit der Aorta hat und auch die gleiche Menge Blut hindurchströmen lässt, wird die Strömungsgeschwindigkeit v' und also auch F' dem v und F des grossen Kreislaufs ungefähr gleich kommen, oder sie werden selbst grösser seyn, weil keine entsprechende Zunahme des Lumens durch Verästelungen stattfindet. Demnach wird $\frac{F'}{H'}$ grösser sein als $\frac{F}{H}$, dagegen aber $\frac{W'}{H'}$ etwas kleiner als $\frac{W}{H}$. Wir würden also, wenn wir aus einer genauen Kenntniss des Blutdrucks auf die Kraft des rechten Herzens schliessen

wollten, diese im Verhältniss zur Kraft des linken Herzens etwas zu niedrig anschlagen.

Wahrscheinlich indessen sind die Zahlen *Beutner's* (Ueber die Strom- und Druckkräfte des Blutes in der *Art. pulmonalis*. Zürich 1850. Zeitschr. f. rat. Med. Neue Folge Bd. 2. S. 97) aus mehr denn einem Grunde zu hoch ausgefallen. Nehmen wir an, dass dadurch beinahe Compensation entstand, so kann die Kraft der rechten Kammer zur linken = 1 : 3 berechnet werden, während sich die Massen beider Kammern nach *Valentin* nur = 1 : 2 verhalten. Das rechte Herz verliert aber schneller an Kraft; bei der zweiten Curve, welche unmittelbar nach der ersten von der Carotis und der Lungenarterie des nämlichen Thiers mit dem Kymographion erhalten wurde, stellte sich das Verhältnis für das rechte Herz viel ungünstiger.

Ein Umstand, der von *Ludwig* und von *Beutner* übersehen wurde, kann die Resultate, welche sie erhielten, modificirt haben: das ist der höhere Druck, unter welchem das Herz und die grossen Gefässstämme nach der Eröffnung der Brusthöhle stehen. Die Atmosphäre drückt jetzt unmittelbar aufs Herz, während bei geschlossnem Brustkasten die zwischenliegenden elastischen Lungen einen Theil dieses Drucks tragen. Die dadurch bedingten Veränderungen genau zu bestimmen fällt aber schwer: die Rückkehr des Venenbluts zum rechten Herzen kann dadurch behindert werden und die Ausdehnung des Herzens gemindert seyn, die Kraft der Zusammenziehung gegen die geringere Blutmenge kann sich weniger vollständig äussern, es kann die Ausdehnung der grossen Gefässstämme bei gleichem Blutdrucke unvollkommen ausfallen, es kann die Rückfuhr des Bluts aus den Lungen gestört werden u. s. w. Ohne nun zu entscheiden, ob der Blutdruck in der Lungenarterie durch diese oder durch sonstige Momente grösser oder kleiner ausfallen muss, glauben wir darum doch den Resultaten von *Ludwig* und *Beutner* einen weniger entscheidenden Werth beilegen zu müssen.

Früher schon hatte *Hering* (Archiv f. phys. Heilk. 1850. S. 107) an einem Kalbe mit *Ectopia cordis* den Druck, unter welchem das Blut in der rechten und linken Kammer steht, unmittelbar zu bestimmen gesucht. Durch Incisionen führte er gläserne Röhren in heide Kammern ein, und er sah das Blut aus der rechten Kammer bis zu 18 Zoll Würtemb. (516,7 Millim.), aus der linken Kammer bis zu 27—30 Zoll aufsteigen. Das Maximum war im rechten Herzen 21 Zoll, im linken Herzen 33,4 Zoll. Der Unterschied zwischen rechter und linker Kammer fällt hier viel geringer aus, die Beweiskraft jedoch ist bei dieser Versuchsmethode nicht gross. (S. *Beutner* a. a. O.)

§ 37. Geschwindigkeit der Blutbewegung und deren Bestimmung.

Bereits vor vielen Jahren hat *E. H. Weber* in den Haargefässen die Geschwindigkeit der hier sichtbaren Blutbewegung untersucht. Für die grösseren Gefässstämme, deren Wände undurchscheinend sind, gab es blos Schätzungen, bis *Volkmann* den Weg zu einer genaueren Kenntniss bahnte. Derselbe benutzte dazu eine in Form einer Haarnadel gebogne gläserne Röhre (Fig. 38 *kl*), welche auf einer Platte mit Scala (*i*) befestigt ist. Durch *g* und *h* steht die gläserne Röhre mit einer Kapsel oder einem Gehäuse (*ab*) in Verbindung, welches mittelst *c* und *d* in das peripherische und centrale Stück einer durchgeschnittenen Arterie eingefügt werden kann, in denen die Hülsen *n* und *o* stecken. Der Kanal in dem Gehäuse hat eine derartige Einrichtung, dass, wenn der Hahn bei

e umgedreht wird, der Hahn von *f* sich in gleicher Weise dreht, weil die Räder beider in einander greifen (Fig. 39). So kann die

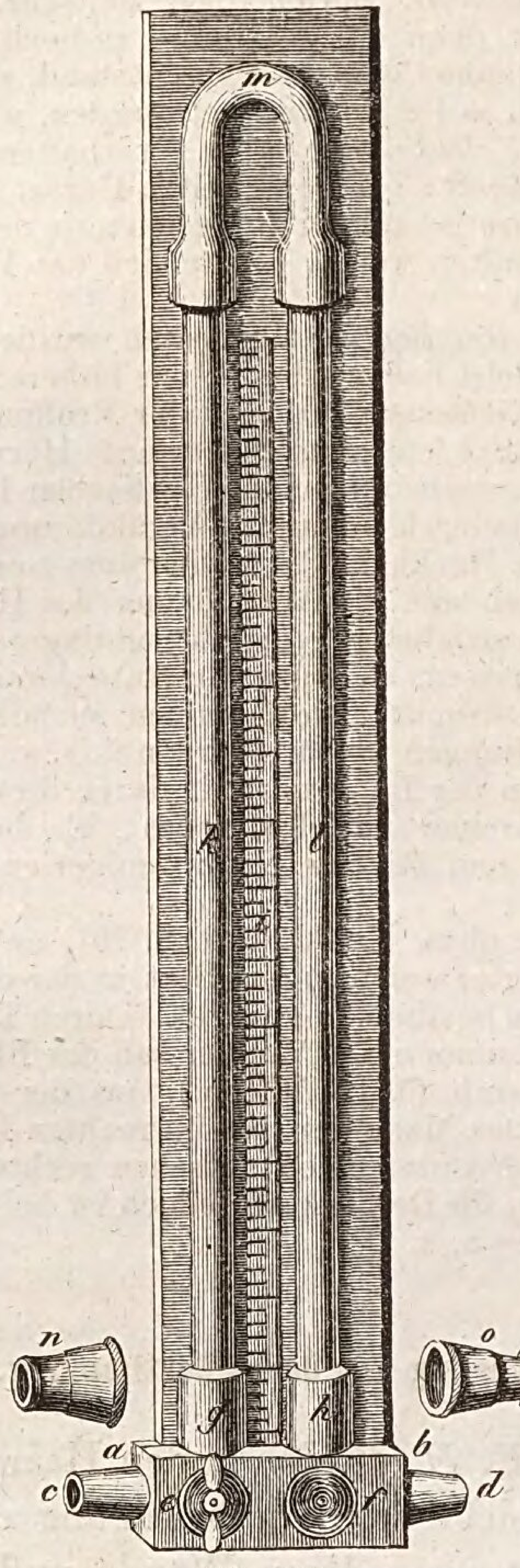


Fig. 38.

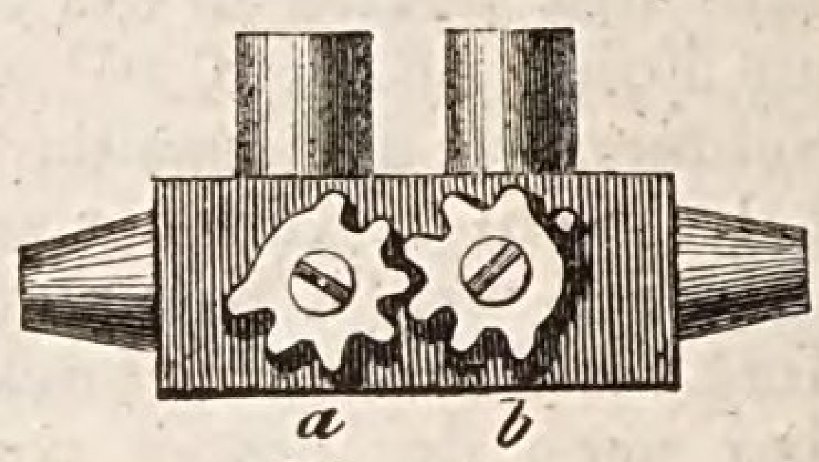


Fig. 39.

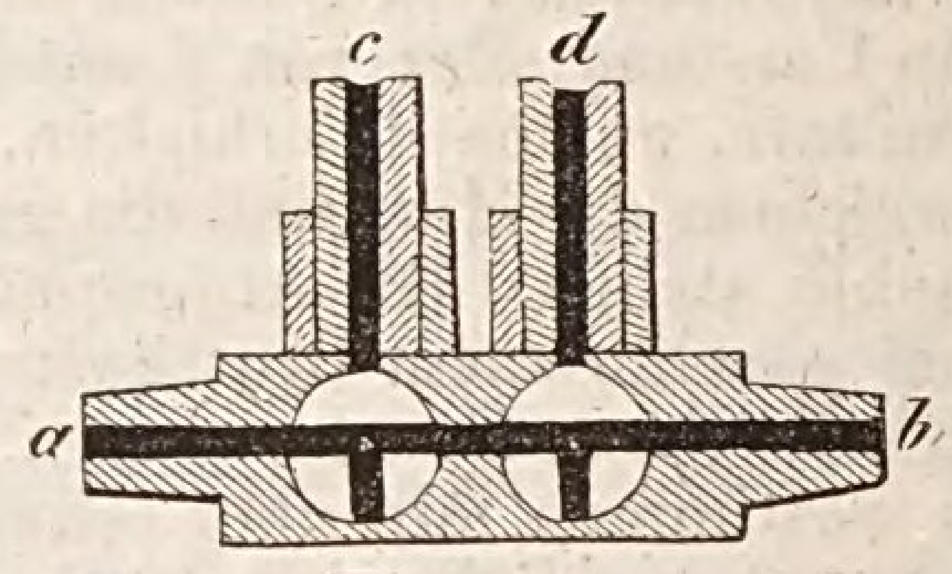


Fig. 40.

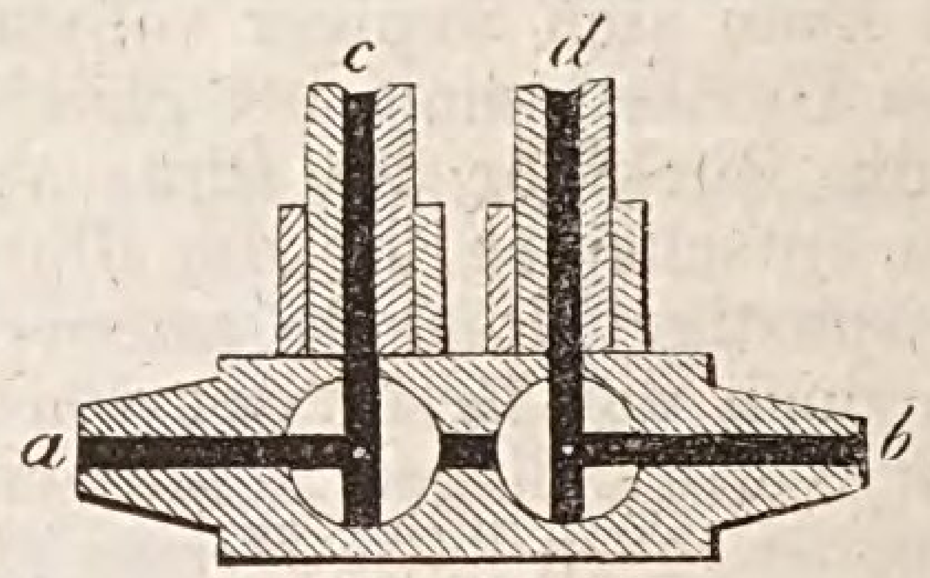


Fig. 41.

Strömung willkürlich unmittelbar von *c* nach *d* geleitet oder zu dem Umwege durch die Röhre *k l* genöthigt werden, wie aus den Durchschnitten des Gehäuses in beiderlei Stellungen (Fig. 40 u. 41) deutlich zu entnehmen ist. Das Instrument wird dergestalt mit einer Arterie in Verbindung gebracht, dass das Blut zunächst in dem Gehäuse unmittelbar von *c* nach *d* strömt. Die krumme Röhre *k l* ist aber ganz mit Wasser erfüllt, und dreht man den Hahn *e* um, dann muss das Blut sogleich einen Umweg durch *k* machen, und treibt das Wasser vor sich her, ohne sich viel damit zu vermengen. Die Zeit, deren das Blut

Fig. 38. *Volkmann's* Apparat zur Bestimmung der Blutgeschwindigkeit in den grösseren Arterien.

Fig. 39. Das Gehäuse desselben mit den Rädern zur Regulirung des Hahns.

Fig. 40. Durchschnitt des horizontal geöffneten Gehäuses.

Fig. 41. Durchschnitt des senkrecht geöffneten Gehäuses.

bedarf, um von g nach h zu kommen, kann gemessen werden; so kennt man dann die Zeit, deren das Blut bedarf, um eine Strecke von der Länge der Röhre kl zu durchlaufen.

Die Beobachtung hat gelehrt, dass die Geschwindigkeit bei verschiedenen Säugethieren nur wenig differirt, dass sie in den Arterien nahe dem Herzen viel grösser ist als in entfernteren, und dass auf die Carotis ungefähr 300 Millim. mittlere Geschwindigkeit in der Secunde kommt. *Volkmann* berechnet nun dieselbe für die Aorta auf ungefähr 400 Millim.

Der Grund der Geschwindigkeitsabnahme des Blutstroms nach der Peripherie zu ist in der grössern Geräumigkeit zu suchen, welche allmählig im Arteriensysteme eintritt. Es wird nämlich die Geschwindigkeit umgekehrt proportional sein dem Durchschnitte der Blutbahn an allen jenen Punkten, zu denen das aus dem Herzen ausgetriebene Blut gleichzeitig gelangt. Im Allgemeinen übertreffen die Durchschnitte der Lumina der Arterienäste das Lumen des Stammes, aus dem sie entspringen. Die wichtigste Ausnahme hiervon bildet die Theilung der Aorta in die beiden *Iliacae primitivae*, deren gesammtes Lumen, abgesehen von der *Sacralis media*, von der Aorta an deren Theilungsstelle übertroffen wird. Wenn die Ausdehnung während des Lebens mit diesen nach dem Tode genommenen Messungen übereinstimmt, so muss das Blut in den *Iliacae* und ebenso auch in deren ersten Aesten schneller fliessen als im untersten Theile der Aorta.

Die Röhre kl an *Volkmann's* Hämodromometer hatte 600 oder 1300 Mill. Länge und 2 oder 3 Mill. Durchmesser. Die Ergebnisse bei der Anwendung verschiedener Röhren waren nicht gar abweichend von einander. Die Röhre ist enger als das Blutgefäss, und eben so auch die Hülsen; doch wird deshalb das Blut in der Röhre kl noch nicht schneller fliessen. Eher ist wegen des etwas erhöhten Widerstandes im Gefässsysteme einige Verlangsamung zu erwarten, die aber fast vernachlässigt werden kann, da der gesammte Widerstand in den Gefässen der nämlichen Bahn so gross ist. Die Beobachtungszeit ist sehr kurz (für einige Arterien nur 4 Secunden), und bei den grossen Schwankungen des Hämodynamometers, denen Schwankungen in der Geschwindigkeit des Blutstroms entsprechen müssen, ist es fast zu verwundern, dass *Volkmann* grösstentheils übereinstimmende Resultate erhielt. Einzelne Abweichungen dürfen uns wenigstens nicht befremden. Nach seinen Berechnungen ist indessen der mittlere Beobachtungsfehler, den man erwarten darf, nicht gross.

Beim Hunde fand *Volkmann* (Hämodynamik S. 204) in der Carotis als Minimum $v = 205$ Mill., als Maximum $v = 357$ Mill. Bei einem Pferde fand er in der Maxillaris $v = 232$, in der Carotis nach Unterbindung der Maxillaris $v = 306$; bei einem andern Pferde aber war v in den nämlichen Arterien $= 99$ und 431 Millim. In der *Art. metatarsi* eines andern Pferdes war v nur $= 56$ Mill. Die grössere Geschwindigkeit in *Hüttenheim's* Beobachtungen (*Observationes de sanguinis circulatione haemodromometri ope institutae. Hal.* 1846) schreibt *Volkmann* der minderen Tüchtigkeit des ersten Apparates zu.

Paget (*Lond. med. Gaz.* 1842. Vol. 2. p. 553) hat die Grösse der Arterien gemessen und ein constantes Verhältniss zwischen dem Lumen des Stammes und der Aeste in verschiedenen Leichen gefunden. Es verhielt sich nämlich der Stamm zu den Aesten an:

Arcus Aortae	1 : 1,055
Innominata	1 : 1,147
Carotis communis	1 : 1,013
Carotis externa	1 : 1,190
Subclavia	1 : 1,055
Aorta abdom., bis zur letzten Lumbalis .	1 : 1,183
Aorta abdom., kurz vor ihrer Theilung . .	1 : 0,893
Iliaca communis	1 : 0,982
Iliaca interna	1 : 1,150

Gleichzeitig mit *Paget* haben auch *Donders* und *Jansen* ähnliche Messungen vorgenommen, deren Resultate aber nicht veröffentlicht wurden, weil sie mit den *Paget*'schen, selbst einschliesslich der erwähnten Ausnahmen, übereinstimmten. Wir führen davon nur folgende Befunde an:

Aorta abdominalis, kurz vor der Theilung .	1 : 0,941
Iliaca communis	1 : 0,953

Die Cruralis fanden sie, nachdem die bedeutende *Femoralis profunda* und andere kleine Aeste abgegeben waren, im Lumen nur wenig verkleinert.

Die Geschwindigkeit des Blutstroms im Stamme und in den Aesten verhält sich nun umgekehrt proportional den angegebnen Lumina. Indessen fragt es sich, ob nicht etwa der Blutdruck in den Arterien während des Lebens, wodurch sie alle weiter werden, auf das Verhalten der Lumina von Einfluss ist. Deshalb legen wir jenen Ergebnissen keinen entscheidenden Werth bei.

Um v in der Aorta zu berechnen, füllte *Volkmann* die Aorta mit Injectionsmasse unter einem Drucke, wodurch die Carotis ihr normales Lumen bekam, und er bestimmte nun auch das Lumen der Subclavia, der Innominata, der Aorta vor und nach der Abgabe der Innominata. Bei dem solchergestalt bekannten Verhältniss des Durchschnitts der Blutbahn konnte aus der ermittelten Geschwindigkeit in der Carotis, jene in der Aorta berechnet werden: er fand aber ungefähr ein Verhältniss von 3 : 4, während *Paget's* Messungen ein Verhältniss von 1 : 1,21 ergeben. Ist auch diese Methode besser, als die Messung ohne Einspritzung, so ist das Resultat doch ein unvollkommenes, schon weil der Tonus der Gefässe verloren geht. Ueberdies wird auch der negative Druck, unter welchem die Aorta in der Brusthöhle während des Lebens steht, das Lumen der Aorta etwas vergrössern. — Ueber den Einfluss der Pulsbeschleunigung und der Blutentziehungen auf die Geschwindigkeit des Blutstroms s. *Volkmann* (Hämodynamik S. 197 u. 200), *Hering* (Archiv f. phys. Heilk. 1853. S. 112) und *Lenz* (*Experimenta de ratione inter pulsus frequentiam, sanguinis pressionem lateralem et sanguinis fluentis celeritatem obtinente. Dorpat.* 1853).

§ 38. Blutmenge, welche bei jeder Systole des Herzens ausgetrieben wird.

Mit der Geschwindigkeit der Blutströmung steht es im Zusammenhange, wie viel Blut bei jeder Systole des Herzens in die Pulsadern eingetrieben wird. Es steht fest, dass diese Menge für die Aorta und für die Lungenarterie die nämliche ist: durch beide strömt die gleiche Menge Blut und beide Kammern contrahiren sich gleich häufig. Wir haben oben gesehen, dass die Geräumigkeit der verschiedenen Herzhöhlen verschieden geschätzt worden ist. Viele fanden die rechte Kammer grösser als die linke. Die Möglichkeit dieses Verhaltens ist auch nicht abzustreiten, so lange

es nicht dargethan ist, dass beide Kammern ihren Inhalt bei jeder Zusammenziehung gleich vollkommen durch die *Ostia arteriosa* entleeren.

Aus der Anfüllung des erschlafften todten Herzens unter einem bestimmten Drucke kann man nicht erfahren, wie viel Blut bei der Diastole von den Kammern aufgenommen wird. Dem ist es auch zuzuschreiben, dass die Abschätzungen der Blutmenge, welche bei jeder Systole in die Arterien getrieben wird, so sehr von einander abweichen. Eine genauere Berechnung lässt sich mit Hülfe von *Volkmann's* Versuchen über die Geschwindigkeit des Blutstroms ausführen. Von der untersuchten Geschwindigkeit des Blutstroms in der Carotis ausgehend, so wie vom Lumen der Carotis, der Subclavia, der Innominata, der Aorta vor und nach der Abgabe der Innominata, berechnet er, dass bei den verschiedenen Thieren durch jede Systole an Blut ungegefähr $\frac{1}{400}$ des Körpergewichts in die Aorta getrieben wird und eine gleiche Menge in die *Arteria pulmonalis*. Bei einem Körpergewichte von 75 Kilogrammen würden nach dieser Berechnung beim Menschen durch jede Systole 188 Grammen Blut in die Aorta getrieben werden, — eine grössere Menge, als man nach der Capacität der Kammern erwarten sollte. Allein eben sowohl der Druck, unter welchem das Blut durch die Contraction der Vorhöfe in die Kammern getrieben wird, als der negative Druck auf die Aussenfläche des Herzens müssen zu einer starken Ausdehnung der Kammern Veranlassung geben.

In folgender Tabelle sind die *Volkmann*'schen Data zusammengestellt, wobei die Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta nach der im vorigen § angegebenen Methode berechnet wurde:

Thierart.	Gewicht in Kilogrammen.	Pulsschläge in 1 Minute.	Strömungsgeschwindigkeit:		Inhalt der Kammer:	
			In der Carotis beobachtet.	Für die Aorta berechnet.	Absolute Menge in Grammen.	Verhältniss z. Körpergewichte.
1. Hund	18,74	100	273	305	38,64	$\frac{1}{485}$
2. Desgl. . . .	13	110	262	256	34,69	$\frac{1}{375}$
3. Alte Ziege .	25	154	358	706	70,24	$\frac{1}{359}$
4. JungeZiege	11,55	120	280	326	32	$\frac{1}{359}$
5. Hund	4,95	100	329	368	12,5	$\frac{1}{396}$
6. JungeZiege	15,0	160	240	403	22,68	$\frac{1}{660}$
7. Pferd	300?	56	431	496	741,9	$\frac{1}{404}$
8. Schaaf . . .	30,54	92	287,5	993	77,7	$\frac{1}{393}$
9. Hund	9,1	120	280	292	31,38	$\frac{1}{289}$
10. Schaaf . . .	23,48	88	241	214	51,12	$\frac{1}{459}$
11. Hund	18,905	104	238	369	41,2	$\frac{1}{437}$
12. Desgl. . . .	12,752	62	205	260,5	38,9	$\frac{1}{328}$

Sind die mit dem Hämodromometer erhaltenen Resultate genau, so können die Berechnungen über die Blutmenge, welche bei jeder Systole ausgetrieben wird, sich nicht weit von der Wahrheit entfernen. Die directen Bestimmungen des Kammerinhalts haben insgesammt auf niedrigere Zahlen geführt, aber die grosse Differenz in den Angaben verschiedener Autoren sowohl, als der Einfluss, welchen die zur Füllung des Herzens benutzte Flüssigkeit (Wasser oder Quecksilber) ausübt (s. *Valentin*, Bd. 1. S. 501), beweisen deutlich, dass auf diesem Wege Sicherheit nicht zu erlangen ist. *Valentin* schätzte die Blutmenge, welche durch jede Systole in die Aorta getrieben wird, auf 103 Grammen, *Krause*, welcher *Volkmann* (180 Gr.) am nächsten kommt, auf 150 Grammen; weit niedriger dagegen wird sie von andern Autoren (s. *Hildebrandt's* Anatomie Bd. 3. S. 134) angeschlagen. *Abegg* (*de capacitate arteriae et venarum pulmonalium*. 1851) unterband bei Kaninchen die Gefässe dicht über dem Herzen und bestimmte dann die im Herzen befindliche Blutmenge. Auch hierbei stellte sich ein viel niedrigeres Verhältniss heraus, als jenes, welches *Volkmann* für andere Thiere gefunden hatte.

§ 39. Zusammenhang zwischen Blutdruck und Strömungsgeschwindigkeit beim Blutumlaufe.

Früher sahen wir, dass in einem Systeme von Röhren ein gesetzmässiges Verhältniss zwischem dem Widerstande und der Strömungsgeschwindigkeit besteht. Es wird dieses Verhältniss durch die Formel $W = av^2 + bv$ ausgedrückt, wobei a und b die aus den Beobachtungen berechneten Coefficienten sind. Ein bestimmtes Verhältniss zwischen Widerstand und Strömungsgeschwindigkeit kann auch beim Blutumlaufe nicht fehlen. Es passt aber diese Formel aus mehreren Gründen nicht vollständig. Erstens ändert das Lumen der elastischen Gefässe, sobald der Blutdruck erhöht wird, wobei die Strömungsgeschwindigkeit wird zunehmen können, ohne dass der Widerstand proportional steigt; denn wenn H zunimmt, wird $\frac{F}{W}$ grösser. Sodann ändert sich auch dabei die Zusammensetzung des Bluts, wodurch die Coefficienten gleichfalls abgeändert werden. Endlich wirkt auch der veränderliche Tonus der Gefässe modificirend, weil hierdurch das Lumen der Gefässe bei dem nämlichen Blutdrucke sich verschiedenartig gestaltet. Aus diesen Gründen ist es unmöglich, bei unverändertem Zustande der Gefässe die Coefficienten a und b zu bestimmen und die Gültigkeit der Formel $W = av^2 + bv$ experimentell nachzuweisen.

Uebrigens ist es nicht wahrscheinlich, dass die Formel selbst bei unverändertem Zustande der Gefässe Anwendung finden würde, da der Widerstand des Blutes zum grossen Theil in den Haargefässen stattfindet, worin die Strömungsgeschwindigkeit einfach der Druckhöhe proportional ist (§. 28).

Volkmann ist sehr bemüht gewesen, die Gültigkeit der Formel $W = av^2 + bv$ für den Blutumlauf darzuthun. Er hat gefunden, dass bei Blutentziehungen die Geschwindigkeit des Blutstroms sowohl als der Blutdruck abnehmen; es ist ihm aber nicht gelungen, die Gültigkeit dieser Formel experimentell nachzuweisen. An dem Hämodromometer brachte er ein geschlossenes Manometer an (nach § 33 ein sehr unvollkommenes Instrument), und so beobachtete er gleichzeitig D (etwa = W) und v. Aus einer kleinen Anzahl von Beobachtungen berechnet er a und b und findet die Abweichungen nicht sehr gross, was sehr natürlich zu erwarten steht, da W und v in den verschiedenen Beobachtungen nicht weit auseinander liegen, a und b aber nach der Methode der kleinsten Quadrate aus höchstens 5 Beobachtungen berechnet werden. Jene aus 2 Beobachtungen, wobei W und v ziemlich weit auseinander lagen, berechneten Coefficienten $a = 0{,}0168$ und $b = 2{,}9275$ werden dann für andere Beobachtungen von W und v bei derselben Thierart benutzt. Die Abweichungen sind nun auch manchmal klein, manchmal indessen fällt auch W bei der Berechnung um $\frac{1}{4}$, ja selbst um $\frac{1}{3}$ zu klein aus. Er bestimmte ferner, um recht auseinander liegende Zahlen zu haben, W und v zu wiederholten Malen, nachdem eine gewisse Menge Blut abgeflossen war. Dabei werden die Widerstände wegen des abnehmenden Lumens der Gefässe viel zu gross; indem *Volkmann* aber eine ziemlich willkürliche Correction für die Blutabnahme anbringt, kann er jetzt auch für die 5 Beobachtungen die Berechnung mit der Wahrnehmung ziemlich in Einklang bringen. Wenn aber auch keine Blutentziehung statt hatte, so haben die zahlreichen Versuche von *Lenz* (*Experimenta de ratione inter pulsus frequentiam* etc.) im Allgemeinen das Ergebniss geliefert, dass die Strömungsgeschwindigkeit viel schneller steigt und fällt als der Blutdruck, was hauptsächlich vom veränderten Lumen der Arterien und der Capillaren bei verändertem Blutdrucke herrührt. Dieses Resultat steht bestimmt in Widerspruch mit der Formel $W = av^2 + bv$, nach welcher der Widerstand schneller steigen und fallen sollte, als die Strömungsgeschwindigkeit.

Noch eine andere Reihe weitläufiger Versuche *Volkmann's* steht zu dieser Frage in Beziehung. In grosser Entfernung von einander (900 Mill.) bringt er an dem Hämodromometer zwei Piezometer an, und beobachtet die Differenz des Seitendrucks in beiden. Nach diesem ersten Versuche bringt er das Hämodromometer blos in das centrale Ende des Blutgefässes und durch das andere Ende lässt er das Blut abfliessen. Dies wiederholt er bis zu sechs Malen an dem nämlichen Thiere, und zugleich bestimmt er sowohl den Stand in beiden Piezometern mittelst des Kymographion, als auch die Blutmenge, welche in einer bestimmten Anzahl von Secunden ausfliesst. Es stellt sich somit die Geschwindigkeit des Blutstroms im Hämodromometer zugleich mit dem differenten Drucke in beiden Piezometern heraus. Aus den Beobachtungen, in denen W und v sehr weit auseinander liegen, werden die Coefficienten a und b berechnet, und es ergiebt sich, dass die Differenz zwischen der beobachteten und der aus dem Widerstande berechneten Strömungsgeschwindigkeit nur eine unbedeutende ist. Nun versucht *Volkmann* lediglich aus jenem an den beiden Piezometern beobachteten Blutdrucke die Strömungsgeschwindigkeit zu berechnen, kommt aber selbst zu dem Resultate, dass er durch unmittelbare Beobachtung der Geschwindigkeit im Hämodromometer genauere Data erhält. — Sicherlich wird bei diesen Versuchen in Folge der Blutentziehung das Blut stark verdünnt und seine Cohäsion nimmt ab; sie sind deshalb zur Berechnung der Coefficienten nicht benutzbar. — Sodann scheinen uns bei diesen zusammengesetzten Versuchen, welche *Volkmann* in Gemeinschaft mit *Ludwig* vornahm, auch noch aus andern Gründen die wahrscheinlichen Fehler zu gross zu sein, als dass sich daraus die Gültigkeit der Formel $W = av^2 + bv$ erkennen liesse.

Mit einem Worte haben wir auf den Einfluss hingewiesen, den die Beschaffenheit des Blutes auf die Coefficienten ausüben muss. Beim Blute sind diese Einflüsse ohne Zweifel weit grösser als beim Wasser, und sie werden bei Verdünnung sowohl als bei Temperaturerhöhung abnehmen. Wenn nun bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit in verschiedenen Thieren der Blutdruck

nicht gleich gefunden wurde, so können eben sowohl Verschiedenheiten in der Qualität des Blutes als in der Form des Gefässsystemes im Spiele gewesen sein.

§ 40. Kraft des Herzens; Abhängigkeit der Treibkraft von der Herzwirkung.

Aus der Blutmenge, welche unter einem bestimmten Drucke und mit bekannter Geschwindigkeit aus dem linken Ventrikel ausgetrieben wird, lässt sich die wirkende Kraft in Kilogrammetern berechnen, d. h. wie viel Kilogramme durch dieselbe in einer gegebenen Zeit bis zu einem Meter Höhe gehoben werden können.

Die Blutmenge, welche bei jeder Systole aus dem linken (und eben so auch aus dem rechten) Ventrikel getrieben wird, rechnen wir mit *Volkmann* zu 0,188 Kilogramm; der mittlere Blutdruck in der Aorta zur Zeit der Systole lässt sich auf ungefähr 250 Mill. Quecksilberdruck schätzen, was also einer Blutsäule von 3,21 Meter entspricht. Die wirkende Kraft des Herzens bei einer Systole ist demnach einfach $0,188 \times 3,21 = 0,60348$ Kilogrammeter. Die Richtigkeit dieser Berechnung erhellt, wenn wir uns erinnern, dass die Höhe, bis zu welcher eine ausgetriebene Flüssigkeit lothrecht aufsteigen kann (abgesehen vom Widerstande an der Ausflussöffnung), gleich ist der Druckhöhe, unter welcher sie steht. Natürlich muss die Höhe einer Blutsäule, die dem Drucke entspricht, bei der Berechnung zu Grunde gelegt werden, und nicht die einer Wassersäule. Denn wenn 188 Gramm = 180 C. Centim. Blut 3,21 Meter hoch gehoben werden, so werden 180 C. Centim. = 180 Gramm Wasser 3,387 Meter hoch gehoben werden, oder 188 Gramm Wasser steigen bis zu 3,21 Meter, was wiederum dasselbe Resultat von reichlich 0,6 Kilogrammeter giebt. Wäre die wirkliche Geschwindigkeit des Bluts in der Aorta während der Systole bekannt, so würde auch diese noch in Rechnung kommen können; es würde aber dadurch eine nur um Weniges höhere Ziffer gefunden werden.

Rechnen wir auf die Minute 75 Pulsschläge, so beträgt die Arbeitskraft der linken Kammer 0,75 Kilogrammeter in der Secunde, folglich 64800 Kilogrammeter in 24 Stunden. Die Kraft der rechten Kammer kann ungefähr zu $\frac{1}{3}$ davon veranschlagt werden. Nur fragt es sich, ob die Kraft, welche dem aus der Kammer getriebenen Blute zukommt, ganz als unmittelbare Wirkung der Kammerzusammenziehung angesehen werden darf. Gelangt das Blut unter

einem bestimmten Drucke in den Vorhof und wird es durch die Zusammenziehung des Vorhofs unter einem noch höheren Drucke in die Kammer gepresst, dann wird die Kammer ausgedehnt werden und die Elasticität ihrer Wände wirkt auf den Druck zurück. Wenn diese elastische Wirkung der Ventrikel bereits am Ende der Diastole besteht, so wird sie der nachfolgenden activen Mulkelwirkung hinzugefügt. Ohne Zweifel besteht nun diese in Folge der Vorhofscontraction, während die Treibkraft, unter welcher das Blut in den Venen zurückströmt, wohl so gering ist, dass sie kaum in Betracht genommen zu werden braucht. Daraus folgt, dass die Wirkung der Kammern durch jene der Vorhöfe einigermaassen unterstützt wird, dass also nicht blos die Contraction der Kammern, sondern auch mittelbar jene der Vorhöfe der Treibkraft des strömenden Bluts zu Grunde liegt. Etwas von der berechneten Arbeitskraft für die Austreibung des Bluts aus der Kammer muss mithin auf Rechnung des Vorhofs kommen.

Die erste Berechnung der thäigen Kraft des Herzens erhielten wir von *J. R. Mayer* (Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. Heilbronn 1845. S. 55), dem nämlichen, welcher zuerst (1842) das Princip von der Erhaltung der Kraft als allgemeines Naturgesetz aussprach. Nachdem *Vierordt* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 9. S. 373. Bd. 10. S. 40) auf complicirte Weise eine derartige Berechnung ausgeführt hatte, wobei anfangs die Kraft des nach dem Herzen zurückkehrenden Bluts zu hoch angeschlagen worden war, und nachdem derselbe auch späterhin, durch *Hering's* Versuche dazu verleitet, den Vorhöfen eine viel zu starke Wirkung zugeschrieben hatte, ist *J. R. Mayer* in einem kurzen, aber interessanten Aufsatze (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 10. S. 512) auf seine Berechnung zurückgekommen. Welcherlei Schwierigkeiten übrigens einer Berechnung der Kraft, welche durch einen bestimmten Theil des Arteriensystems verbraucht wird, entgegenstehen, das hat späterhin *Ludwig* (Lehrb. der Phys. d. Menschen. Bd. 2. S. 139) auseinander gesetzt.

Bei der Bestimmung der Kraftäusserung des Herzens kommt es mit darauf an, welchen Antheil das Herz am Blutdrucke nimmt. Man scheint die Frage nicht recht verstanden zu haben, und deshalb hat sie einer von uns (*Nederl. Lancet. 3e Serie III.* 627) näher in Betracht gezogen. Wie wir oben sahen (§ 31), behauptet *E. H. Weber*, das Herz könne nicht den mittleren Blutdruck im ganzen Gefässsysteme modificiren, da dieser Druck an der einen Stelle soviel verliert, als er an der andern zunimmt. *Volkmann* (*Müller's* Archiv 1852. S. 299) trat gegen *Weber's* Annahme auf und behauptete, ausser dem vom Blutvolumen abhängigen Drucke komme auch noch ein zweiter Druck in Betrachtung, jener nämlich, welcher aus der Bewegung resultirt. Wir können jedoch hiermit nicht übereinstimmen; uns scheint *Weber* ganz im Rechte zu sein, wenn er dabei verharrt, dass der Druck bei unveränderten Wänden an jedem Punkte vom Blutsvolumen abhängig ist. Die Bewegung als solche bringt keinen Druck hervor, und jedenfalls kann ein Druck nicht ohne Vermehrung des Blutvolumens bestehen, welches eben so kräftig auf die dadurch ausgedehnten Wände drückt, als diese wieder auf jenes zurückwirken. (*Weber* in *Müller's* Arch. 1853. S. 158.) Wir haben jedoch (§ 31) schon auseinander gesetzt, dass *Weber's* Annahme blos dann begründet seyn würde, wenn die Blutbahn überall gleich weit wäre, wenn deren Wände überall den gleichen Elasticitätscoefficienten hätten, wenn endlich bei jedem bereits bestehendem Drucke bei gleicher Druckerhö-

hung der Inhalt gleichmässig zunähme, und bemerkten zugleich, dass beim Blutumlaufe keiner dieser Bedingungen im vollen Maasse Genüge geschieht.

Ueber den Elasticitätscoefficienten von Arterien und Venen hat *Donders* mit dem Studiosus *Gunning* Versuche angestellt, die weiterhin noch durch den letztern fortgesetzt wurden. An beiden Seiten eines Blutgefässes (meistens die Carotis und die Drosselvene) wurde ein Hahn befestigt. Sodann wurde der eine Hahn mit einer Röhre verbunden, welche von einem mit einem Hahne versehenen Druckgefässe ausging und ein Manometer trug; durch den andern Hahn konnte man nach Belieben Flüssigkeit nach aussen abfliessen lassen. Das Blutgefäss zugleich mit den Hähnen wurde im leeren Zustande gewogen, sodann bei einem Drucke von 0 und bei immer steigendem Drucke gefüllt und jedesmal aufs Neue gewogen; auch die Länge desselben wurde oftmals bestimmt. So wurde der Inhalt des Gefässes bei jedem Drucke bekannt. Mit den Venen liessen sich die Versuche nicht gleich weit fortsetzen wie mit den Arterien, weil ein Theil des Inhalts durch die Wände schnell nach aussen tritt. Es stellte sich bei diesen Versuchen unter andern das merkwürdige Resultat heraus, dass bei zunehmendem Drucke auf je 1 Millim. Quecksilberdruck der Inhalt in den Venen regressiv, der Inhalt in den Arterien progressiv zunimmt. Vorläufig sollen hier die Resultate einiger Versuche mitgetheilt werden. Zu der ersten hier folgenden Versuchsreihe wurde die Carotis einer Kuh benutzt: nach jeder Füllung unter einem höheren Drucke wurde der Inhalt unter 0 Druck aufs Neue bestimmt und für die Berechnung der Ausdehnung durch den vorausgegangenen Druck zu Grunde gelegt.

Druck in Quecksilbermillimetern.	Inhalt in Grammen.	Inhaltszunahme auf 1 Mill. Druck.	Länge in Millim.	Längszunahme auf 1 Mill. Druck.	Inhalt : Länge.
0	3,75		146,78		26
10,36	5,15	0,03282			
0	4,81				
20,73	5,78	0,03184			
0	5,12				
31,10	6,74	0,04437			
0	5,37				
41,47	7,37	0,04148			
0	5,65				
51,84	7,92	0,03993			
0	5,85				
77,76	10,01	0,04565			
0	6,46		156,4		41
103,69	11,91	0,04523	175	0,1693	68
0	7,22		157,4		45
129,61	14,65	0,05594	182	0,2045	80
0	7,40		155,5		47
155,53	16,64	0,05846	194	0,2508	85
0	7,55		155		48
181,45	18,47	0,05546	204,94	0,2430	81
0	8,41		160,84		52
207,38	20,51	0,06041	211,48	0,2661	96
0	7,98		156,30		50

Aus der dritten Columne, worin die Ausdehnung oder die Inhaltszunahme der Röhre von 0 bis 207,38 Mill. Druck angegeben ist, ersieht man ganz deutlich, dass die Ausdehnung für den Millim. Druck um so mehr wächst, je höher der Druck bereits ist. Gerade das Gegentheil ergiebt sich aus der folgenden Tabelle, worin die Data von der Benutzung der *Vena jugularis* eines Kalbes verzeichnet sind:

Druck in Quecksilber-millimetern.	Inhalt in Grammen.	Inhalts-zunahme auf 1 Mill. Druck.
0	8,10	
8,28	16,22	0,7416
0	10,08	
10,36	18,38	0,8146
0	9,94	
16,59	20,61	0,6185
0	10,35	
20,73	21,61	0,5490
0	10,14	
26,95	23,04	0,4771
0	10,18	
31,10	24,24	0,4334
0	10,71	
37,32	24,88	0,3679
0	11,01	
41,47	25,73	0,3610
0	10,71	
47,69	26,62	0,3227
0	10,88	
51,84	26,68	0,3067
0	10,78	

Für den vorliegenden Zweck kam es besonders darauf an, die Inhaltsvermehrung zu kennen. Die Elasticitätscoefficienten lassen sich daraus leicht berechnen, aus der Carotistabelle sowohl für die Länge als für den Durchmesser.

Mögen auch die an den frischen Gefässen erhaltenen Resultate sicherlich von jenen abweichen, welche für die lebenden Gefässe Gültigkeit haben, sie liefern doch mit Rücksicht auf das grössere Lumen der Venen den deutlichen Beweis, dass, wenn der geringe Blutdruck in den Venen nur um ein Paar Millim. steigt, der Blutdruck in den Arterien bedeutend abnehmen muss. Dies wurde auch durch *Brunner* (Zeitschrift f. rat. Med. N. F. Bd. 5. S. 336) auf experimentellem Wege nachgewiesen, wenn er die Herzthätigkeit aufhob oder auf ein Minimum reducirte. Bei einem der gelungenen Versuche fiel, als der Vagus gereizt wurde, der Druck in der Carotis auf 13,3 Mill., und dieser Stand blieb 4½ Secunden, worauf plötzliches Steigen folgte: in der Vene, wo der Versuch zweimal vorgenommen wurde, sank zu Anfang (wegen der tiefen Inspiration?) der Druck auf Null und zuletzt erreichte er 3,8 Millim., was sich noch einige Zeit erhielt, nachdem die Kette bereits wieder geöffnet war. — Beim Tode durch Chloroformeinathmung betrug der Druck in der Arterie in zwei Versuchen 6,6 und 4,2 Millim., in der Vene 4,1 Millim. Ausserdem wurde durch *Brunner* dargethan, dass bei Reizung des Vagus der Blutdruck in der Arterie nach Blutinjection weniger tief, nach Blutentziehung tiefer sank. Es ist klar, dass der Spannungszustand der Gefässe und die Blutmenge, welche bei gemindertem Drucke schnell zunimmt, auf den Blutdruck bei aufgehobener Herzthätigkeit nicht ohne Einfluss bleiben können, und dass *Brunner's* Versuche schon deshalb keine ganz genauen Resultate liefern konnten; soviel indessen lässt sich daraus mit Sicherheit entnehmen, dass beim Aufhören der Herzwirkung der Blutdruck tief unter das Mittel fällt, welches sich bei ungestörter Herzwirkung im Gefässsysteme herausstellt.

Volkmann (*Müller's* Archiv 1852. S. 299) nimmt einen Unterschied an zwischen dem Blutdrucke bei gleichmässiger Vertheilung des Bluts im ganzen Gefässsysteme und jenem, welcher durch die Herzwirkung hervorgebracht wird: er glaubt, dass jener vom Blutvolumen abhängige Druck dem durch die Herzwirkung erzeugten Drucke hinzugefügt werden müsse, dass mithin nicht

der gesammte Blutdruck von der Herzthätigkeit abzuleiten sei. Die gleiche Bedeutung scheint *Brunner* dem von ihm untersuchten Blutdrucke bei aufgehobener Herzthätigkeit beizulegen, wenn er sagt: „Die Messung der Spannung im ruhenden Blute ist dann unerlässlich, wenn man sich ein Urtheil bilden will über das Maass der Kräfte, welche dem Blute vom Herzen mitgetheilt werden. Man würde diese letzteren offenbar zu hoch annehmen, wenn man sie gleich setzen wollte der Summe von Kräften, welche dem gesammten in Bewegung befindlichen Blute zukommen. Von dieser Summe müsste man denjenigen Werth der Spannkräfte abziehen, welche das Blut besitzt, ehe ihm das Herz Spannung und Geschwindigkeit ertheilt."

Wir können dieser Ansicht nicht beistimmen. Das Herz bringt das in seiner Höhlung enthaltene Blut bei jeder Contraction unter einen höheren Druck, als worunter das Blut in der Aorta und in der Lungenarterie steht, und dadurch öffnen sich die *Valvulae semilunares*. Alles umlaufende Blut also wird durch die Herzwirkung allein auf das Maximum des Drucks gebracht. Alle Blutbewegung beruht, wie *Weber* klar auseinander gesetzt hat, auf dem ungleichen Drucke, und diese Druckdifferenz ist von der Herzwirkung abhängig. Ist der Druck oder vielmehr die Treibkraft, worunter das Blut ins Herz einströmt, $=0$, dann ist der stärkste Druck in den Arterien als Druckdifferenz, d. h. als Effect der Herzwirkung aufzufassen. Strömt das Blut unter einem gewissen Drucke ins Herz, dann wird jene Druckhöhe neben der Geschwindigkeitshöhe abgezogen werden müssen, um den Effect der Herzwirkung zu finden. In keinem Falle kann jedoch der mittlere Druck bei aufgehobener Herzwirkung in Rechnung gebracht werden. — Mit dem Principe der Bewahrung der Kraft stimmt sonst keine andere Vorstellungsweise. Die Treibkraft in den Arterien dient zur Blutbewegung und zur Ueberwindung des Widerstandes und äussert sich somit als lebendige Kraft, die ganz verbraucht wird, mit Ausnahme jener Kraft, welche dem in das Herz sich ergiessenden Blute noch eigen sein mag. Wäre sie zum Theil von einem constanten Drucke abhängig, welcher von dem Volumen als solchem entstände, so würde sie sich natürlicher Weise nicht fortdauernd als lebendige Kraft äussern können. Freilich ist eine gewisse Blutmenge eine n o t h w e n d i g e B e d i n g u n g zur Kraftäusserung des Herzens und zum regelmässigem Blutumlaufe; sie kann aber als solche keine lebendige Kraft hervorbringen. Eine Vermehrung der Blutmenge bei unveränderter Herzwirkung kann den mittlern Blutdruck überall gleichmässig steigern, aber keinen grösseren Widerstand überwinden, und also nur insofern vermehrte Bewegung zur Folge haben, als die Gefässe erweitert sind, der Widerstand in weiteren Gefässen aber bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit geringer ist. — Wenn *Goll* (Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 4. S. 78) nach Unterbindung einer Anzahl Arterienäste einen bedeutend vermehrten Blutdruck beobachtete, so ist dies nicht blos aus einer Vermehrung der Blutmenge in der noch offenen Bahn zu erklären, wenngleich die Blutinjection in der Regel einen grössern Blutdruck zur Folge hat. Bei Unterbindung von Stämmen kommt es wahrscheinlich zu einer kräftigeren Herzthätigkeit; denn bei Hindernissen im Blutumlaufe pflegt eine solche aufzutreten.

§ 41. Strömungsgeschwindigkeit bei der Systole und Diastole; Verschwinden der Pulswellen.

Es ist bereits von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und von den Schwankungen durch die Wellenbewegung die Rede gewesen, wodurch die Geschwindigkeit in elastischen Röhren eine ungleichmässige wird. Wir müssen dies für den Blutumlauf jetzt näher untersuchen und den Ursachen nachspüren, wodurch die Wellen-

bewegung in den Blutgefässen verschwindet und einer gleichmässigen Strömung Platz macht.

Betrachten wir zuvörderst die Blutbewegung in den Arterien während der Diastole des Herzens. Offenbar stützt sich die Blutsäule gegen die *Valvulae semilunares*, während im ganzen Arteriensysteme eine langsam zunehmende Verengerung vor sich geht, die zuerst nahe dem Herzen begonnen hat, aber in weniger denn $\frac{1}{5}$ Secunde selbst den entferntesten Arterien sich mittheilt, wo sie auch eben so viel länger anhält. Die zunehmende Verengerung der elastisch gespannten Arterie ist die Folge davon, dass das Blut in das Capillarsystem ausfliesst, weil es hier und in den Venen unter einem niedrigeren Drucke steht als in den Arterien. Begreiflicher Weise entspricht das Blutvolumen, welches während der Diastole ins Capillarsystem übertritt, der Verengerung, welche das ganze Arteriensystem in diesem Zeitraume erfährt. Beide können wir also $= n$ nehmen.

Denken wir uns die Aorta mit allen unmittelbar oder mittelbar davon abgehenden Aesten zu einem Stamme vereinigt, so erhalten wir einen abgestutzten Kegel (Fig. 42), der also die Blutbahn dar-

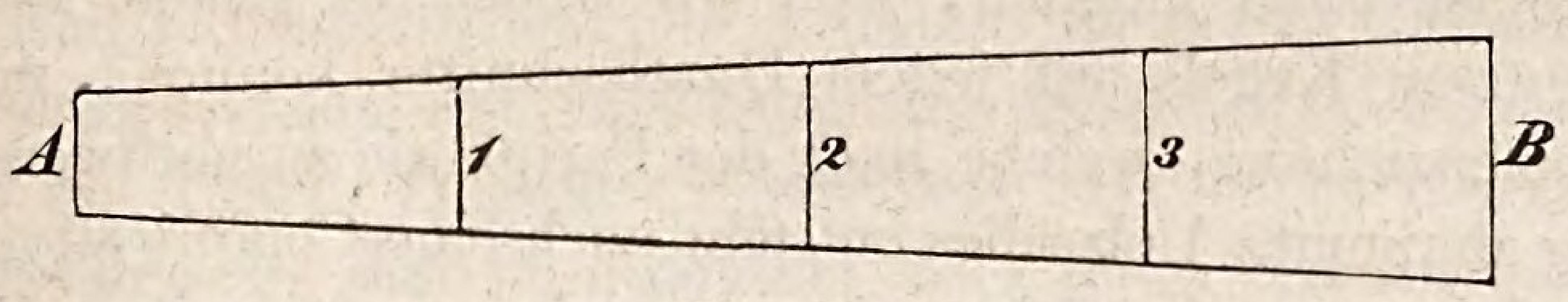


Fig. 42.

stellt. Die abgestutzte Spitze *A* stützt sich auf die halbmondförmigen Klappen, die Basis *B* grenzt ans Capillarsystem. Jeder senkrecht zur Axe geführte Durchschnitt entspricht der Summe der Durchschnitte aller Aeste des Arteriensystems, zu denen das aus dem Herzen ausgetriebene Blut gleichzeitig gelangt. Käme der Blutstrom durch eine constante Kraft mit gleichmässigem Abflusse in die Aorta zu Stande, so würde natürlich durch jeden Durchschnitt des Kegels zu jeder Zeit die gleiche Menge Blut fliessen, und die Geschwindigkeit v wäre an jedem Durchschnitte umgekehrt proportional dem Lumen. Während der Diastole des Herzens, wenn bei *A* kein Blut einströmt, ist nun aber die Blutmenge sehr verschieden, welche auf jedem Durchschnitte strömt. Um dieses vollständig zu begreifen, müssen wir uns erinnern, dass, während das Lumen des abgestutzten Kegels in der ganzen Länge abnimmt, die ausgetriebene Flüssigkeit blos bei *B* ausfliesst. Durch jeden Durchschnitt wird demnach nur so viel Blut strömen, als die Ver-

engerung zwischen dem Herzen und diesem Durchschnitte beträgt. Bezeichnen wir die diastolische Verengerung von A bis zum Durchschnitte $1 = a$, jene von 1 bis $2 = b$, von 2 bis $3 = c$, von 3 bis $B = d$, so ist das während der Diastole passirende Blut für

Durchschnitt $1 = a$
- $2 = a + b$
- $3 = a + b + c$
- $B = a + b + c + d.$

Die Summe $a + b + c + d = n$ entspricht der gesammten Verengerung des Arteriensystems oder jenem Volumen Blut, welches bei B ins Capillarsystem übertritt.

Wir sehen hieraus, dass das Blut während der Diastole in den grossen Stämmen zunächst dem Herzen kaum in Bewegung ist, dass es in einer geringen Entfernung auch noch weit unter seiner mittlern Geschwindigkeit bleibt, und dass es diese erst dort erhält, wo die Geschwindigkeit eine gleichmässige wird, wo also der Einfluss der Systole und Diastole des Herzens sicht nicht mehr kund giebt. Eine genaue theoretische Bestimmung der Geschwindigkeit an jedem Punkte ist nicht möglich, weil wir weder die genaue Form des abgestutzten Kegels auf jedem Durchschnitte kennen, noch die Zusammenziehung, welche nach der Peripherie zu nothwendig allmählig abnimmt. Ueberdies entsteht noch eine Complication durch die Verlängerung der Schlagadern, welche wir für unsere Betrachtung in das vergrösserte Lumen mit aufnehmen konnten.

Während der Herzsystole verhält sich die Blutmenge, welche durch jeden Durchschnitt strömt, nothwendiger Weise gerade umgekehrt. Durch die Vereinigung der Diastole und Systole muss die durchströmende Blutmenge an jedem Durchschnitte die nämliche sein, und wenn wir der Einfachheit wegen Systole und Diastole gleich lang rechnen, so wird die Blutmenge $= 2n$ sein. Um soviel also, als bei der Herzdiastole das durch einen Durchschnitt Strömende unter n zurückbleibt, wird dasselbe bei der Systole über n sich erheben. Der specielle Beweis dafür ist leicht zu führen. Durch jeden Durchschnitt ist nämlich während der Systole zuerst soviel Blut geströmt, als bei B ins Capillarsystem übertritt, also die Menge n, und ausserdem noch soviel, als die Ausdehnung der Arterien zwischen jenem Durchschnitte und B beträgt; diese Ausdehnung ist aber natürlich der Zusammenziehung gleich und kann also auch mit a, b, c, d bezeichnet werden. Demnach ist diese Menge bei

$3 = n + d$, bei $2 = n + c + d$, bei $1 = n + b + c + d$. Fügen wir diese Mengen jenen zu, welche bei der Diastole durch jeden Durschschnitt strömen, so bekommen wir für die vereinigte Systole und Diastole auf jedem Durchschnitte $2n$. Es strömt nämlich, Systole und Diastole zusammen genommen,

durch	1 . .	$n + b + c + d + a$		$= 2n$
»	2 . .	$n + c + d$	$+ a + b$	$= 2n$
»	3 . .	$n + d$	$+ a + b + c$	$= 2n$
»	B . .	n	$+ n$	$= 2n$.

Hierbei ist es nun ganz deutlich, dass die Differenz in der Blutmenge, welche bei der Systole und Diastole durch den nämlichen Durchschnitt strömt, um so grösser ist, je näher dem Herzen der Durchschnitt gelegen ist.

Wir konnten bei dieser Auseinandersetzung als unmittelbaren Erfahrungssatz annehmen, dass die Wellenbewegung des Blutes in der Nähe des Capillarsystems unter gewöhnlichen Umständen nicht mehr vorkommt. Der Ursache davon haben wir jetzt nachzugehen. Aus dem Verhalten in elastischen Röhren haben wir schon entnommen (§ 31), dass der bedeutende Widerstand in der Blutbahn, der grosse Elasticitätscoefficient der Arterien, die grosse Geräumigkeit des Arteriensystems mit Einschluss der kleinsten Verästelungen, endlich die schnelle Folge der Herzschläge zur Gleichmässigkeit der Blutströmung in den Haargefässen oder zum Verschwinden der Wellenbewegung beitragen müssen. Es kommen aber beim Blutumlaufe ausserdem noch einige Momente vor, welche Beachtung verdienen. Zuvörderst muss die Kraft der Welle, welche durch die Bewegung allmählig abnimmt, in der Nähe der Capillaren wegen des geringen Lumens der Röhren schnell sich mindern. Zweitens kommt die eigenthümliche Folge der mehrfachen Verästelungen in Betracht, wodurch die Blutbahn, während der Widerstand für jede Länge zunimmt, sich erweitert, und zwar auf so bedeutende Weise. Die Geschwindigkeit im Capillarsysteme ist etwa 400 Male geringer als in der Aorta, die Bahn muss demnach hier auch 400 Male weiter sein. Schon bei einer 40maligen Erweiterung bis zum Capillarsysteme hin würde die Ausdehnung selbst durch eine ungeschwächte Welle bereits 40 Male kleiner sein. Es kann deshalb der Blutdruck hier nur wenig zunehmen und somit auch keine merkbare Beschleunigung im Capillarsysteme zu Stande bringen. Endlich ist auch noch zu erwähnen, dass wegen der vielfachen Anastomosen die Wellen, welche in engen Röhren sich um so viel langsamer fortpflan-

zen, an den Vereinigungspunkten der Gefässe nicht ganz gleichzeitig ankommen.

§ 42. Der Puls der Arterien.

Die Ausdehnung, welche alle Arterien bei jeder Systole des Herzens durch die einströmende Blutwelle erfahren, ist Ursache des Pulses. Es betrifft diese Ausdehnung eben sowohl das Lumen der Arterien als deren Länge. An manchen oberflächlichen Arterien, z. B. an der Radialis, an der Temporalis kann man, zumal bei magern Individuen, die Ausdehnung sehen: an der Radialis bemerkt man eine geringe Erhebung der Haut, an der Temporalis ein Grösserwerden der Krümmungen in Folge der Verlängerung des Gefässes. Letzteres ist noch deutlicher an den Aesten der Mesenterica, wenn bei einem lebenden Thiere der Bauch geöffnet wird. Auch an den kleinsten Arterien der *pia mater* haben wir das nämliche gesehn.

Werden die Arterien von vielen weichen Theilen bedeckt und genau umschlossen, so erfahren sie nicht jenen Grad von Ausdehnung, der sich bei dem nämlichen Blutdrucke einstellen würde, wenn sie ganz frei lägen. Auch wird die Veränderung des Lumens durch jede Systole bei solchen Arterien weit geringer ausfallen. Die Folge hiervon ist, dass der Blutdruck nicht blos durch die Gefässwände, sondern theilweise auch durch die umgebenden Gewebe getragen wird; der durch jede Systole verstärkte Druck wird daher den umgebenden Geweben eben so wie dem drückenden Finger mitgetheilt. Indessen ist die Ausdehnung an blosgelegten Arterien nicht immer deutlich sichtbar, was der geringen Ausbreitung der Ausdehnung zugeschrieben werden muss. *Poiseuille's* Versuche wiesen aber nach, dass die Ausdehnung alsdann doch nicht gänzlich fehlt (Fig. 43). Eine blosgelegte Arterie *ik* kommt in das Kästchen *abcd* zu liegen, welches aus zwei senkrecht in einander verschiebbaren

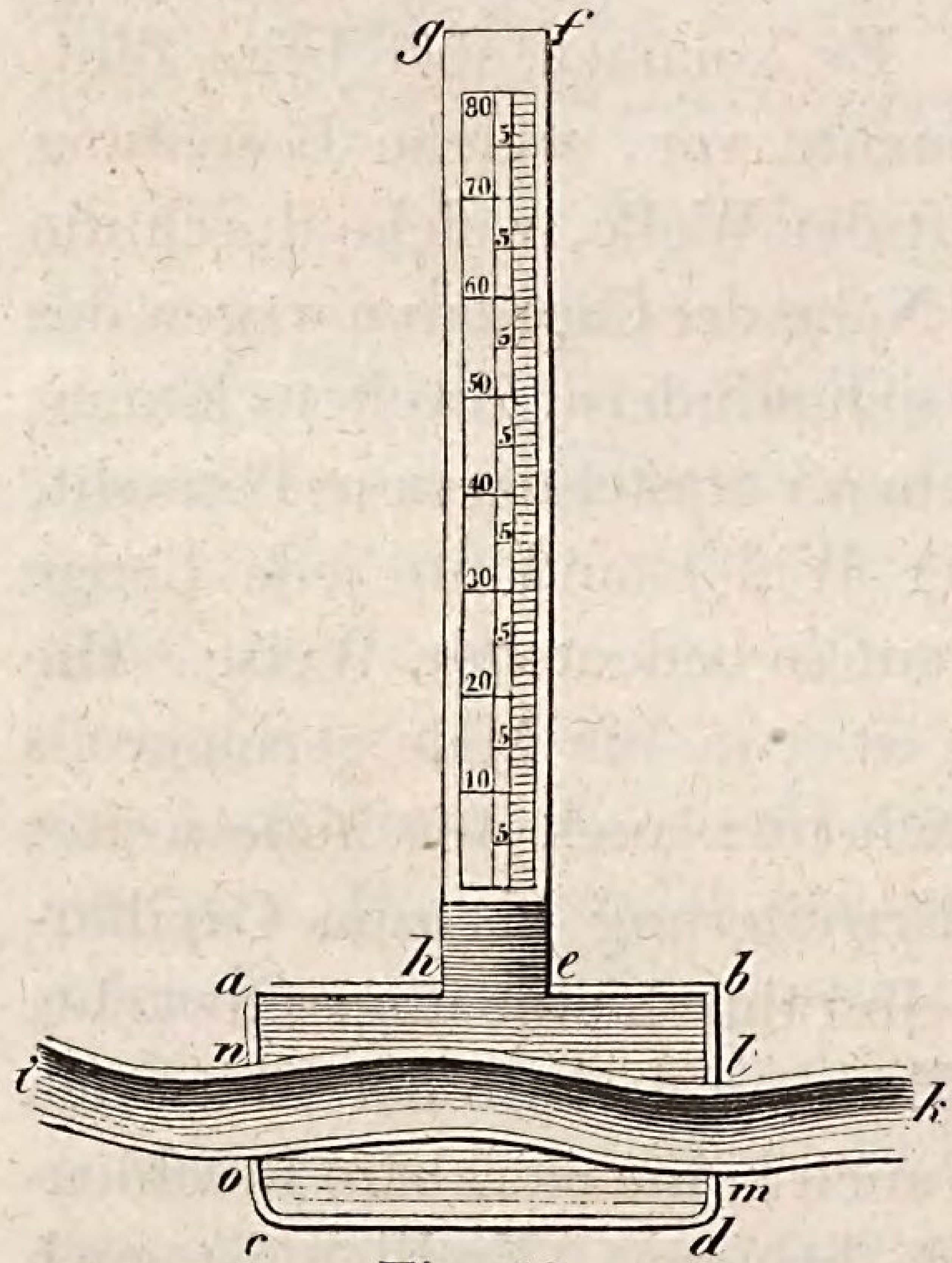


Fig. 43.

Fig. 43. *Poiseuille's* Apparat, um die Ausdehnung der pulsirenden Arterien wahrzunehmen, nach *Valentin*.

Stücken besteht, zwischen denen zwei Oeffnungen *lm* und *no* übrig bleiben. Eine feine graduirte gläserne Röhre *he* steht auf diesem Kästchen und dient dazu, dieses mit Wasser zu erfüllen; aus den Schwankungen des Wassers in der feinen Röhre lässt sich die Ausdehnung der Arterie bestimmen. Sie betrug in *Poiseuille's* Versuchen fast $\frac{1}{20}$.

Poiseuille's Apparat eignet sich ganz gut, um aus den Schwankungen des Wassers die Ausdehnung der Arterie durch jede Systole zu erkennen, aber der Grad der Ausdehnung ist damit nicht genau zu bestimmen. Der ungleiche Druck des Wassers bei der Ausdehnung, der veränderte Tonus des Blutgefässes, die Einklemmung in das Kästchen und noch manche andere Umstände müssen der Genauigkeit der Resultate Abbruch thun (*Valentin's* Phys. Bd. 1. S. 448).

Um zu bestimmen, in welcher Richtung die Arterien zumeist ausgedehnt werden, füllte *Valentin* ein Stück der linken Carotis eines Hundes mit Wasser; dasselbe hatte jetzt 5 Millim. Durchmesser und 38,3 Millim. Länge. Durch Anfüllung mit Quecksilber stieg der Durchmesser auf 6, die Länge aber auf 47,8 Millim., und es betrug demnach die Verlängerung fast $\frac{1}{4}$, die Zunahme des Durchmessers $\frac{1}{5}$. *Volkmann's* Befunde (Hämodynamik S. 421) stimmen damit nicht überein: in 9 Versuchen mit der Aorta, Iliaca, Carotis und Brachialis des Menschen und mehrerer Thiere beobachtete dieser constant eine geringere Zunahme der Länge als des Durchmessers, und zwar das geringste Verhältniss an der Aorta eines Mannes = 0,43 : 1, das grösste Verhältniss an der Aorta eines Hundes = 0,83 : 1. *Volkmann* füllte nämlich ein abgeschnittenes Stück Arterie mit Wasser und erhielt durch Wägung den Inhalt, durch Messung die Länge. Jetzt wurde mit Kraft Wasser eingespritzt, worauf die Arterie wiederum gewogen und gemessen wurde. Durch die Messung stellte sich unmittelbar die Zunahme der Länge heraus, und aus den Gewichten liess sich, da die Längen bekannt waren, der Durchmesser und das Lumen bestimmen. Diese Methode scheint genauer zu sein, als *Valentin's* Verfahren.

Die im § 40 mitgetheilten Versuche lehren, dass das Lumen der Carotis der Kuh (Inhalt : Länge) viel rascher zunimmt, als die Länge des Gefässes. Vergleicht man die Quadratwurzeln der Lumina, welche die Zunahme des Durchmessers angeben, mit der Zunahme der Länge, so gewahrt man auch deutlich die raschere Zunahme des Durchmessers. Genauere Bestimmungen hierüber an Venen und Arterien bei verschiedenem Drucke sollen alsbald veröffentlicht werden.

Während des Lebens scheint die Zunahme des Durchmessers geringer ausfallen zu müssen in Folge des Tonus der Muskelfaserzellen, welche vornehmlich ringförmig verlaufen. Dem kann es zum Theil zugeschrieben werden, dass im lebenden Körper die Zunahme oftmals so schwer wahrzunehmen ist.

Die Verlängerung der Arterien durch einen stärkeren Seitendruck bemerkt man in jedem Mesenterium eines lebenden warmblütigen Thieres und bei Injection der Arterien an vielen Stellen sehr deutlich. Im Alter werden die Arterien weiter; bestimmt werden aber auch die Biegungen weit grösser. Wahrscheinlich ist dies dem Umstande zuzuschreiben, dass der Verminderung des Widerstandes, welche das allmählig veränderte Arteriengewebe darbietet, eine Verminderung des Blutdrucks nicht gleichen Schritt hält.

In den vom Herzen entfernteren Arterien kommt der Puls um ein deutliches Zeitmoment später zu Stande, als in den näheren. Wir entblössten bei Hunden den Herzbeutel und fühlten den Herzschlag, während wir die Ausdehnung der Arterien im Gekröse beobachteten: die Ausdehnung der letztern trat ganz deutlich einige Terzen später ein. *E. H. Weber* (*De pulsu, resorptione, auditu et tactu* 1831. *p.* 1) hat genaue Untersuchungen darüber, um wie viel der Puls in den verschiedenen Arterien vom Isochronismus abweicht. Man

erkennt, dass diese Differenz ungefähr der Geschwindigkeit entspricht, welche *Weber* späterhin für die Fortpflanzung der Wellen in elastischen Röhren von vulkanisirtem Kautschuk gefunden hat.

§ 43. Der Sphygmograph und dessen Leistungen.

Neuerlich hat *Vierordt* einige Verhältnisse des Pulses mittelst eines besondern Instruments erforscht, welches er mit dem Namen Sphygmograph belegt hat. Das Princip desselben liegt in der Bewegung, welche einem auf der Arterie liegenden Fühlhebel durch den Puls mitgetheilt und von diesem auf das Kymographion übertragen wird. Aus den solchergestalt erhaltenen Linien kann man die Zeitverhältnisse und die Form der Ausdehnung und Zusammenziehung der Arterie genau erfahren. Bei gehöriger Sorgfalt erhält man Linien, wie Fig. 44, aus denen man durch Messung die Resultate entnehmen kann. Die wichtigsten dieser Resultate sind aber folgende:

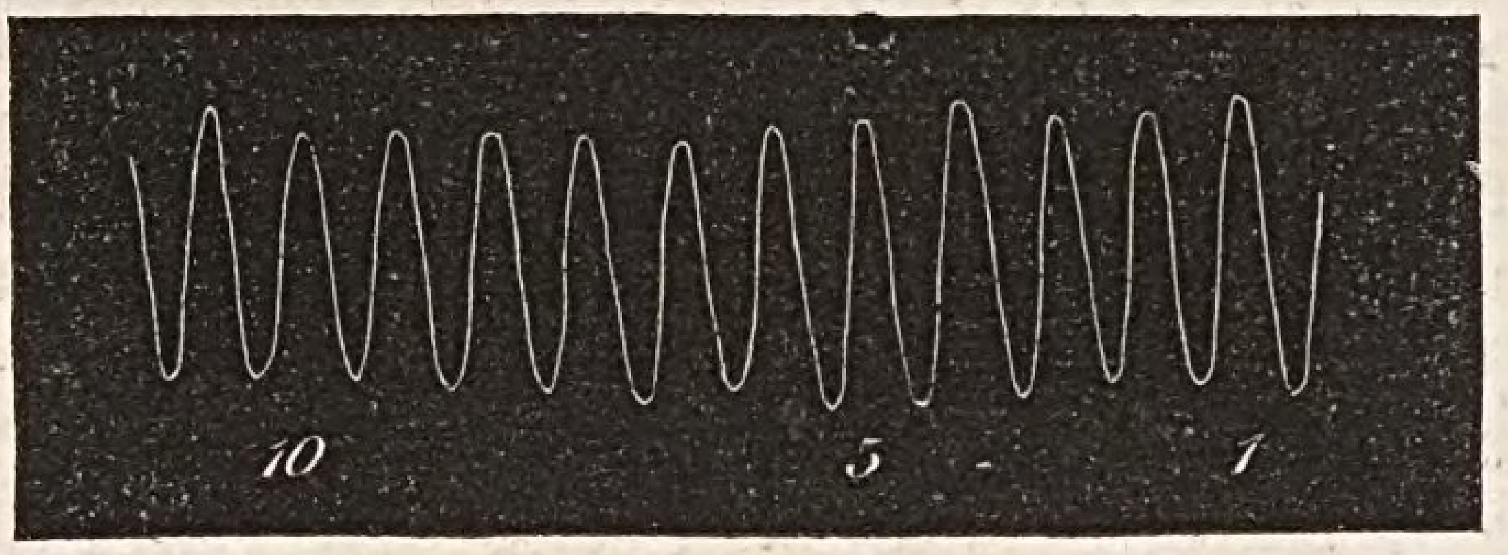


Fig. 44.

a) Die Dauer der Expansion und Contraction der Arterie verhält sich im Mittel = 100 : 106; bei 13 Männern war das mittlere Verhältniss = 100 : 108, bei 4 Frauen = 100 : 101. Die Abweichungen von diesem Mittel sind aber sehr bedeutend: die Extreme waren 100 : 86 und 100 : 143. Es hat keinen wesentlichen Einfluss darauf, ob eine grössere oder geringere Anzahl von Pulsschlägen in der Minute stattfindet. Doch war in der nämlichen Versuchsreihe bei kurzen Pulsschlägen die Expansion verhältnissmässig noch kürzer.

b) Die Dauer der einzelnen Pulsschläge bei der nämlichen Versuchsreihe ist im Allgemeinen eine sehr ungleiche; im Mittel verhielt sich die kürzeste zur längsten = 100 : 137. Führt man von jeder Versuchsperson blos das Endmittel aus allen Versuchen ein, unter Ausschluss der Versuche, welche weniger als 50 Pulse enthalten, so ergiebt sich ein Verhältniss = 100 : 133, oder für 9 gesunde Männer = 100 : 131, für 4 gesunde Frauen = 100 : 136.

c) Die Dauer der Expansionen und der Contractionen bei der nämlichen Versuchsreihe ist noch mehr ungleich; das Ver-

Fig. 44. Pulscurve eines Gesunden bei richtiger Belastung der Arterie, nach *Vierordt*.

hältniss ist = 100 : 162 für die Expansionen, = 100 : 146 für die Contractionen.

d) Die Differenz im Ausdehnungsgrade, welche der Sphygmograph bei verschiedenen Versuchsreihen angiebt, gestattet nicht wohl eine Vergleichung. In der nämlichen Versuchsreihe ist eine Vergleichung leichter, und hier verhält sich die Grösse des kleinsten Pulses zu der des grössten = 100 : 188.

e) Die Zunahme der Pulsgrösse steigt vom Beginn der Arterienexpansion an in jedem weiteren Zeittheilchen allmählig, bis sie ein Maximum erreicht, um sodann successiv bis zum Ende der Expansionszeit wiederum zu sinken. Theilt man die Zeitdauer der Expansion in 5 gleiche Theile und rechnet man die gesammte Pulsgrösse = 100, so erhält man für die einzelnen Zeittheile im Mittel aus 15 Versuchen folgendes Wachsthum des Pulses: 1) 10,4; 2) 22,6; 3) 29,1; 4) 23,1; 5) 14,8. Wird die Zeitdauer der Contraction ebenfalls in 5 Theile getheilt, so ergeben sich, die Grösse der gesammten Contraction wieder = 100 gesetzt, in diesen 5 Zeitabschnitten als Endmittel folgende Contractionsgrössen: 1) 17,3; 2) 27,3; 3) 28,8; 4) 18,9; 5) 7,8. Nach den in diesen Zahlen ausgesprochenen Modificationen unterscheidet *Vierordt* einen träge ansteigenden und einen schnell ansteigenden, einen träge fallenden und einen schnell fallenden Puls.

f) Bei sehr ruhigem Athmen bemerkt man häufig keinen Einfluss der Respiration auf den Puls, wenigstens nicht auf die Grössenverhältnisse desselben; die Pulse liegen hier alle in derselben Linie. Beim stärkeren Einathmen heben sich in vielen Fällen sowohl die Gipfel als die Thäler der Curven, während zugleich die Pulse zunehmend grösser werden; bei der Ausathmung dagegen fallen die Gipfel und Thäler successiv unter gleichzeitiger Abnahme der Pulsgrösse, die sich beim Ein- und Ausathmen = 218 : 191 verhält. Die Pulsfrequenz beim Ausathmen verhält sich zu jener beim Einathmen im Mittel = 1000 : 987, in der ersten Hälfte des Ein- und Ausathmens = 1000 : 969, in der zweiten Hälfte beider = 977 : 999. Die Dauer der Expansion zur Dauer der Contraction verhält sich beim Einathmen = 100 : 105,9, beim Ausathmen = 100 : 111,9.

Früher schon hat man oftmals versucht, den Puls des Menschen auch noch durch andere Methoden, als durchs Betasten wahrzunehmen, worüber *Vierordt* (Lehre vom Arterienpulse u. s. w. 1855. S. 16) nachzusehen ist. Der Sphygmograph (Fig. 45), dessen sich *Vierordt* bedient, hat als Träger des Ganzen eine breite wagerechte Stange *A* von Eisen. Dieselbe wird an ihren beiden

Enden gestützt durch zwei lange eiserne Schenkel *B*, welche an ihren unteren Enden unter sich durch ein wagerechtes Zwischenstück *C* verbunden sind. An einem der vorderen Schenkel ist ein Senkel *D* aufgehängt. Etwa in der Mitte der Stange *A* ragt senkrecht nach abwärts ein Träger *E* von Messing, welcher

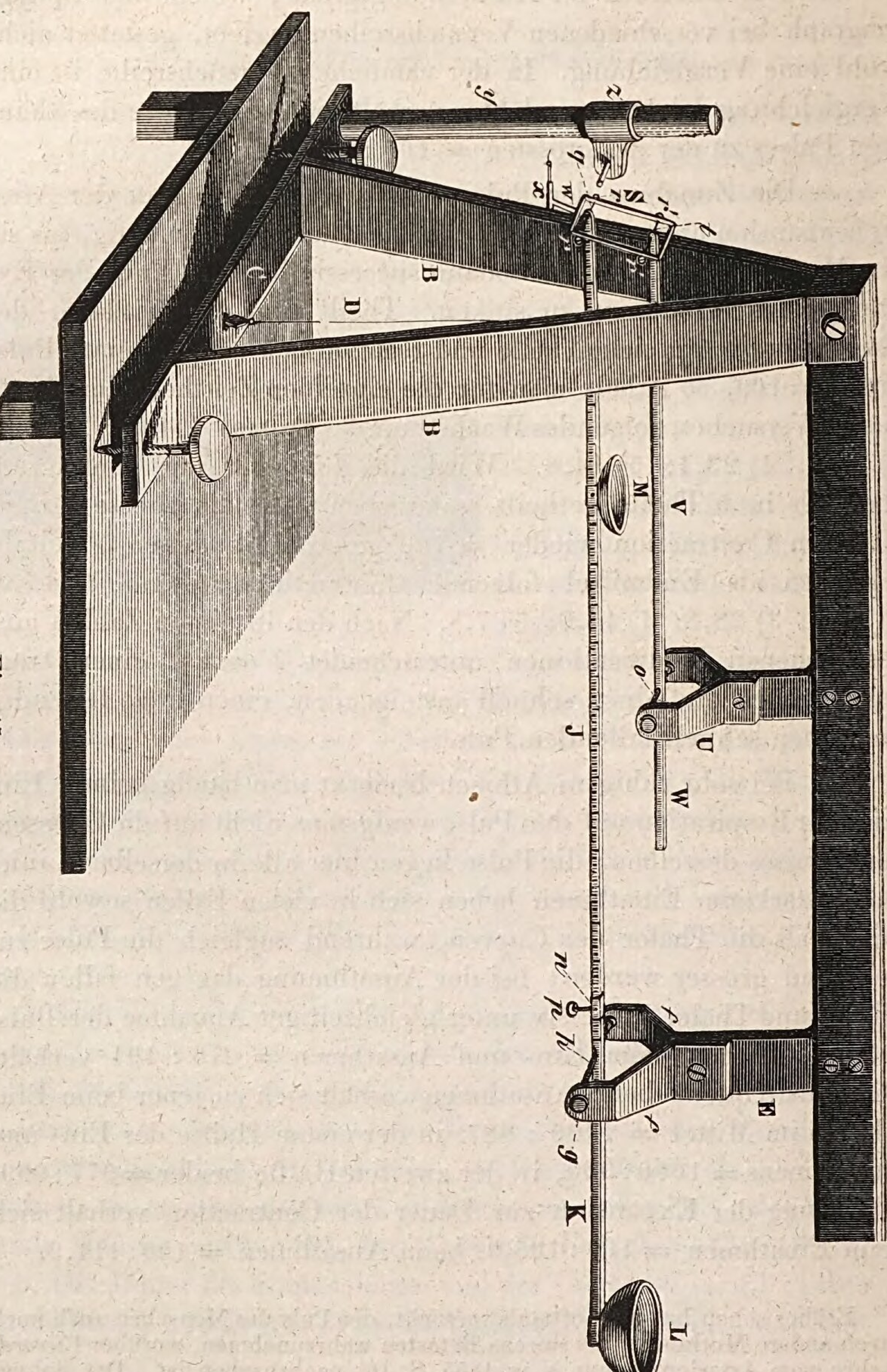


Fig. 45.

Fig. 45. *Vierordt's* Sphygmograph, woran das hintere Drittel der Stange *A* nebst den stützenden Schenkeln weggelassen ist; $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse.

sich in zwei Schenkel *f* theilt. Jeder Schenkel wird durchbohrt von einer mit einer konischen Vertiefung versehenen Schraube *g*, zur Aufnahme der zwei spitzen Enden der wagerechten stählernen Axe *h*. Die letztere durchsetzt senkrecht eine Stange von Messing, welche dadurch in 2 Hebelarme getheilt wird. Der vordere längere *J* ist mit einer Millimeterscala versehen. Auf dem hinteren kürzeren *K* sitzt eine kleine messingene verschiebbare Hülse, auf welcher sich eine dünne Wagschale *L* befindet. Ebenso ist auf dem langen Hebelarme eine Wagschale *M* angebracht, welche verstellt und nach Bedürfniss auch abgenommen werden kann. Eine zweite verstellbare Hülse *n* kann an den langen Hebelarm befestigt werden. In die Hülse *n* wird ein dünner Stahlstift eingeschraubt: derselbe endet in ein Messingplättchen *p*, dessen untere Ränder nicht zu scharf sein dürfen. Das Plättchen dient als Applicationspunkt des Radialpulses. — Das vordere Ende des Hebelarmes *J* wird von der Axe *q* durchbohrt, deren zwei spitzige Enden in die konischen Vertiefungen zweier verstellbaren Schrauben *r* beweglich eingefügt sind. Diese Schrauben durchbohren das untere Ende der zwei langen Schenkel des viereckigen Rähmchens *S* und werden ebenfalls von zwei Schräubchen *r'* durchbohrt; die konischen Vertiefungen der letztern nehmen die Spitzen einer stählernen Axe *t* auf, welche der Axe *q* vollkommen gleich ist. Die Axe *t* durchbohrt senkrecht das vorderste Ende eines als Gegenlenker (Contrebalancier) dienenden Messingstabes *V*, mit welchem sie unbeweglich verbunden ist. Dieser Messingstab bewegt sich, wie *J*, um eine Axe *o* von denselben Verhältnissen, wie die Axe *h*. Als Träger dieser Axe dient, ähnlich wie *E* und *f*, die Gabel *U*, welche an der Stange *A* befestigt ist. Die stählerne Axe theilt den Gegenlenker in einen vorderen längeren Hebelarm *V* und in einen hinteren kürzeren Arm *W*: auf letzteren lässt sich nach Bedarf die Wagschale *M* des Hebelarmes *J* befestigen. — An das untere Verbindungsstück des Rähmchens *S* wird das Stäbchen *w* angeschraubt, an dessen unterem Ende ein zweites Stäbchen *x* angeschraubt wird. An letzteres ist ein 6 bis 10 Millimeter langer, doch gehörig fester Strohhalm befestigt, auf dessen Spitze mittelst Siegellack ein kleines Stückchen Menschenhaar angebracht ist, zum Anschreiben des Pulses auf ein mit Russ überzogenes und auf die Trommel des Kymographion gespanntes Papier. Die Spitze des Haares ragt 50 bis 60 Millim. vor dem vorderen Rande der Schenkel *B* hervor. Auf der Messingstange *y* kann eine Hülse *z* auf- und abgeschoben und festgestellt werden. Eine runde Stahlstange durchbohrt die Hülse. — Wird das Plättchen *p* auf eine Arterie gelegt, so hebt jede Expansion den Hebelarm *J* in die Höhe, während derselbe bei der Contraction der Arterie niedersinkt. Das Ende von *J* macht somit eine kreisförmige Bewegung, die bei derselben Pulsgrösse um so mehr zunimmt, je näher der Applicationspunkt des Pulses dem Drehepunkte *h* des Hebels liegt. Durch den Gegenlenker wird die kreisförmige Bewegung der Haarspitze in eine gerade senkrechte umgewandelt und so bleibt das Haar, ohne zu reiben, mit der Trommel des Kymographion in Berührung. Der Arm muss in horizontale Lage, senkrecht zur Stange *A*, unter dem Plättchen *p* ganz ruhig auf ein Brett zu liegen kommen, welches mit einer Lehne für den Handrücken versehen ist. Um alle Bewegung zu vermeiden, liess *Vierordt* noch ein zusammengesetztes Armbrett verfertigen. Gewöhnlich stellt *Vierordt* die Hülse *n* 10 Millim. von der Axe *h* entfernt ein; die Pulse werden dadurch 30 Mal vergrössert. Bei einem grossen Pulse ist eine 10—20malige Vergrösserung zweckmässiger, und für die Cruralis eine 5 bis 6malige; man erreicht dies durch Verschiebung der Hülse *n*. Das Plättchen *p* wird auf jene Stelle der Haut gelegt, wo der Radialpuls am deutlichsten ist: die Haut wird dadurch etwas eingedrückt, bis das Plättchen die Arterie erreicht und dieselbe ebenfalls ein wenig drückt. Wird der Apparat ohne Gegendruck auf die Arterie gelegt, so ist der ausgeübte Druck ein zu grosser, und man erhält falsch configurirte Pulswellen. Bei zu wenig Druck wird der Apparat durch einen auch nur mässig starken Puls in die Höhe geschleudert und ist nicht im Stande, den Bewegungen der Arterie zu folgen. Aus diesen Gründen legt man in die Wagschale *L* ein Gewicht (bei 30facher Uebertragung durchschnittlich etwa 20 Grammen), als Gegengewicht gegen die Last des Hebelarmes *J* und des Gegen-

lenkers. Um die richtige Belastung hervorzubringen, ist öfters auch das Auflegen von 1—2 Grammen in die Schale *M* erforderlich. Bei einem starken und langsamen Pulse müssen beide Schalen stärker belastet werden, ohne dass der Druck auf die Arterie vermehrt wird. — *Vierordt* giebt an, dass es nicht schwer ist, die zweckmässige Belastung herauszufinden; einige Grammen machen auch keinen Unterschied. Indessen ist es klar, dass die Grösse der Wellen dadurch sogleich verändert wird. Erwägt man dann ferner, dass man die Belastung auch nach der Tieflage der Arterien regeln muss, so ist es klar, dass sich die Grösse des Pulses bei verschiedenen Individuen mit *Vierordt's* Apparat nicht ganz genau bestimmen lässt. Nur bei dem nämlichen Individuum und am liebsten in der nämlichen Versuchsreihe lassen sich die Grössen gut vergleichen. Dass der Apparat über den Druck in der Arterie sehr wenig aussagt, das bedarf wohl keines Beweises. Nur über die Zeitverhältnisse der Ausdehnung und der Zusammenziehung der Arterien erhält man dadurch genaue Auskunft. Bei Bestimmung der Grösse, des Widerstandes und anderer Eigenschaften des Pulses muss der Sphygmograph noch der geübten Hand das Feld räumen.

Wir haben oben nur die hauptsächlichsten Resultate mitgetheilt, welche *Vierordt* erhalten hat. In Betreff der Einzelnheiten müssen wir auf dessen Arbeit verweisen.

§ 44. Verschiedenheiten des Pulses.

Beim Fühlen des Pulses wird die Arterie eben so, wie durch das Plättchen des Sphygmographen, einigermaassen zusammengedrückt, und in Folge davon wird die Ausdehnung der Arterie während der Systole deutlicher wahrgenommen. Man bemerkt dann auch bei jedem Pulsschlage ein schwaches Gehobenwerden des zusammendrückenden Fingers, obwohl man an der bedeckenden Haut keine Bewegung spürt. Durch einen stärkeren Druck kann der Fortgang des Blutes durch die Arterie ganz aufgehoben werden. Das wird geschehen, wenn der Druck des Fingers grösser ist, als der einer Quecksilbersäule, welche der durch das Hämodynamometer angezeigten Höhe und dem Lumen der Arterie entspricht.

In der Pathologie hat man mehrere Eigenschaften des Pulses unterschieden, die nicht alle auf einer gleich sicheren physiologischen Basis beruhen. Hier haben wir blos der physiologischen Verschiedenheiten zu gedenken, wodurch die verschiedenen Eigenschaften, welche vom untersuchenden Finger wahrgenommen werden, ihre Erklärung finden. Es sind wesentlich folgende: 1) Der Blutdruck. Je grösser dieser ist, um so grösser wird auch das Lumen der Arterie sein und um so mehr Kraft wird dazu erfordert werden, den Puls weg zu drücken. 2) Die Schwankungen des Blutdrucks durch jede Welle. Diese bestimmen den Grad von Ausdehnung der Arterie bei jeder Systole, welcher nach den Untersuchungen mit dem Kymographion sehr verschieden ausfallen kann. 3) Die Dauer und der Entwickelungsmodus der arteriellen Expan-

sion und Contraction, worüber der Sphygmograph interessante Aufschlüsse gegeben hat. 4) Der Widerstand der Blutgefässe. Die Elasticität kann als gleichbleibend angenommen werden, während der Tonus, welcher unter dem Einflusse des Nervensystems steht, wechseln kann. Ist der Widerstand grösser, so wird, wenn der Blutdruck sich gleich bleibt, die Ausdehnung geringer ausfallen, und umgekehrt. 5) Die Frequenz und Regelmässigkeit in den Contractionen des Herzens. Hierdurch wird die Anzahl und die Aufeinanderfolge der Pulsschläge bestimmt.

Die genannten Momente variiren an verschiedenen Arterien. Der Blutdruck nimmt nach der Peripherie hin ab und in einem entsprechenden Verhältniss mindern sich die Spannung und die Ausdehnung der Arterienwände. Selbst abgesehen von dem geringeren Lumen lassen sich die mehr peripherisch gelegenen Arterien leichter comprimiren. Die Druckschwankungen nehmen noch schneller bis zum gänzlichen Verschwinden in den kleinsten Arterienästen ab. Auch die kleinen Differenzen in der relativen Dauer von Systole und Diastole verschwinden in grösserer Entfernung vom Herzen. Ueberall dagegen wird die gleiche Anzahl von Herzschlägen wahrgenommen. Die Modificationen im Tonus der Gefässe werden in den kleineren Aesten mehr hervortreten, in denen die contractilen Faserzellen vorherrschen.

Wir enthalten uns, die mancherlei in der Pathologie unterschiedenen Eigenschaften des Pulses mit den hier besprochenen Momenten in Vergleich zu setzen, oder sie daraus erklären zu wollen. Nur das glauben wir, dass keine Unterscheidung zulässig ist, die sich nicht auf diese Momente stützen kann. Am dunkelsten ist bis jetzt der *pulsus dicrotus*, wo jeder Herzschlag zwei Male gefühlt zu werden scheint. Mehrmals hat das Kymographion von den Schwankungen im Hämodynamometer Linien gezeichnet, welche an den *pulsus dicrotus* erinnerten. Wahrscheinlich rührten sie aber von reflectirten Wellen her, wie die Fig. 27 abgebildeten, oder wie jene, welche *Volkmann* in elastischen an dem Aussenende durch einen Hahn verengten Röhren erhielt, oder sie entstanden durch accessorische Erschütterungen des Quecksilbers im Manometer. Vgl. *Redtenbacher* in *Vierordt's* Lehre vom Arterienpulse. S. 12—14. Auch mittelst des Sphygmographen erhielt *Vierordt* bei zu starker Belastung einen *pulsus pseudo-dicrotus* (Ebend. S. 32).

§ 45. Pulsfrequenz.

Bei den kaltblütigen Thieren folgen die Pulsschläge langsamer auf einander, als bei den warmblütigen. Bei den letztern fällt die Zahl der Pulsschläge innerhalb einer bestimmten Zeit im Ganzen um so niedriger aus, je grösser das Thier ist. Uebrigens ist diese Zahl ebensowohl vom Individuum (Lebenszeit, Körpergrösse, Geschlecht) als von dem Zustande der übrigen Verrichtungen abhängig.

Jene Factoren, bei denen das Individuum betheiligt ist, kennt man noch nicht ganz genau. Es bedarf einer sehr grossen Anzahl von Beobachtungen, um den mittleren Einfluss der Körperlänge, der Lebenszeit, des Körpergewichts, des Geschlechts berechnen zu können.

Allgemein wurde angenommen, es nehme die Frequenz des Pulses von der Geburt an bis zum höchsten Alter beständig ab. Aus den Mittelzahlen indessen, welche *Volkmann* aus einer sehr grossen Anzahl eigner Beobachtungen sowohl, als solcher bei *Guy*, bei *Nitzsch* vorkommenden berechnet hat, ergiebt sich, dass die Pulsfrequenz nur von der Kindheit bis zum Mannesalter abnimmt, im hohen Alter aber wiederum zunimmt. Im ersten Lebensjahre kommen im Mittel 134 Schläge auf die Minute; vom 20. bis zum 24. Jahre tritt das Minimum von etwa 71 Schlägen ein; ganz unmerklich mehrt sich nun die Frequenz, so dass man im 55. Jahre 72 Schläge, nahe dem 80. Jahre aber 79 Schläge in der Minute zählt.

Unabhängig vom Alter übt auch die Körperlänge einen Einfluss auf die Pulsfrequenz. Wie die grösseren Säugethiere einen trägeren Puls haben, als die kleineren, so steht auch beim Menschen die Pulsfrequenz im umgekehrten Verhältniss zur Körperlänge. Aus der Körpergrösse scheint dagegen der Einfluss des Alters sich nicht erklären zu lassen; wenigstens haben unter den nichterwachsenen Individuen von gleicher Grösse die jüngeren einen häufigeren Puls, als die älteren. — Auch haben Frauen einen frequenteren Puls als Männer, was sich eben so wenig blos aus der verschiedenen Körpergrösse erklären lässt.

Zur Feststellung dieser Punkte wurde, wegen der vielen Abweichungen vom Mittelwerthe, eine sehr grosse Anzahl von Beobachtungen erfordert. Bei gesunden Individuen nämlich von gleichem Alter, von gleicher Grösse und von gleichem Geschlechte ist doch die normale Frequenz noch eine ganz verschiedene. Deshalb kann man über Abweichungen bei Krankheiten nicht genau urtheilen, wenn man nicht den normalen Puls des untersuchten Individuums kennt.

Von besonderem Interesse ist es, die Einflüsse kennen zu lernen, welche beim einzelnen Individuum die Pulsfrequenz verändern, nämlich die Körperstellung, die Bewegung und Ruhe, die Diät, die Tageszeit, der Luftdruck, die Temperatur u. s. w. Im Liegen ist der Puls seltener, als wenn man sich aufrichtet. Die geringste Bewegung beschleunigt schon momentan die Herzthätigkeit. Bei Pflanzenkost wird der Puls seltener als bei Fleischnahrung. Jedesmal nach dem Essen ist der Puls frequenter. Auch ist am Morgen die Frequenz grösser als am Abend.

Den Grund kennt man nicht, warum die Pulsfrequenz durch diese Einflüsse sich ändert. Einige davon lassen sich auf eine grössere

Lebendigkeit des Stoffwechsels zurückführen, womit sich eine Beschleunigung des Athmens sowohl als des Pulses vergesellschaftet, z. B. eine kräftige Diät, die reichliche Zufuhr von Stoffen aus dem Darmkanale kurz nach der Mahlzeit. Damit ist aber nicht eigentlich der Grund, sondern nur ein Zusammenhang nachgewiesen. Manche von diesen Einflüssen (Bewegung und Ruhe) wirken wahrscheinlich auf den Vagus oder Sympathicus, die, wie wir gesehen haben (§ 20), die Geschwindigkeit des Rhythmus bestimmen. Andere dagegen (Körpergrösse, Stellung) stehen in Beziehung zu dem unbekannten Regulator der Herzkraft, insofern dieser die Geschwindigkeit des Rhythmus entspricht.

Dubois von Amiens hat über die Pulsfrequenz bei verschiedenen Thieren Untersuchungen vorgenommen und seine Resultate mit denen anderer Beobachter zusammengestellt (*Schmidt's* Jahrb. Bd. 36. S. 284. *Müller's* Archiv 1843. Jahresber. S. 126). Man zählt beim Pferde 30 bis 40 Schläge, beim Schaafe 70 bis 80, beim Hunde ungefähr 100, beim Kaninchen 120 bis 150, beim Eichhörnchen nach *Young* 500 in der Minute. Auch bei kaltblütigen Thieren ist die Grösse nicht ohne Einfluss auf die Frequenz des Pulses.

Eine Differenz je nach den verschiedenen Temperamenten konnte *Guy* (*Todd's Cyclopaedia.* Art. *Pulse*) nicht finden. Ueber den Einfluss der Lebenszeit, der Körpergrösse, des Geschlechts sind die von *Volkmann* gesammelten Resultate (Hämodynamik S. 426) am belangreichsten.

Dass nach dem 60. Jahre die Frequenz des Pulses wieder einigermaassen zunimmt, das ergiebt sich aus den Beobachtungen von *Guy*, von *Nitzsch* (*De ratione inter pulsus frequentiam et corporis altitudinem habita.* 1849), von *Volkmann*, und eben so fand auch *Pennock* (*Edinb. med. and surg. Journ.* 1847. *p.* 523) den Puls bei den meisten alten Leuten schneller, als man gewöhnlich angenommen hat. Nur *Davy's* Beobachtungen scheinen damit in Widerspruch zu stehen. Dieser fand nämlich bei alten Leuten zwischen 76 und 95 Jahren sehr grosse Abweichungen, im Allgemeinen jedoch den trägsten Puls: als Minimum 44, als Maximum 88, im Mittel aber 67. — In Betreff des Kindesalters behauptet *Valleix* (*Müller's* Jahresbericht. 1846. S. 46), der Puls eines sechsmonatlichen Kindes sey schneller als beim Neugebornen. *Guy* dagegen kommt durch *Billard's* Beobachtungen zu dem Schlusse, dass in den ersten Lebensmonaten die Frequenz des Pulses sehr schnell abnimmt. — Als Minimum des Pulses bei einem gesunden Menschen fand *Guy* 38 Schläge. Dagegen beobachtete *Fordyce* bei einem alten Manne einen ungewöhnlich trägen Puls von nur 20 Schlägen in der Minute.

Den Einfluss der Körpergrösse bezweifelt *Guy*. Nach *Rameaux* und *Serrus* (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, 1839. *T.* 6. *p.* 1) verhält sich die Pulsfrequenz umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Körpergrösse, und nach *Volkmann's* genauerer Berechnung umgekehrt wie die $\frac{5}{9}$ Potenz der Körpergrösse.

Wie vielfach ferner bei dem nämlichen Individuum die Pulsfrequenz sich ändert, das nimmt man am besten wahr, wenn man Pendelschwingungen (wir benutzten dazu das gewöhnliche Metronom von *Maelzel*) mit den Pulsschlägen zusammenfallen lässt. Die kleinste Bewegung, lautes Sprechen, geringe Abänderungen im Athemholen, äussere Eindrücke verschiedener Art sind ausreichend, um sogleich den Isochronismus zu unterbrechen. Die vorzüglichsten Einflüsse, unter denen die Pulsfrequenz zunimmt, sind nach *Guy*: Muskelbewegung, anhaltende Anspannung der Muskeln, Veränderungen der Körperstellung, Aufnahme von Nahrung, vornämlich warme Getränke, Spirituosa, ein hoher Wärmegrad, verminderter Luftdruck, grosse Schwäche, Schlaflosigkeit, der erste Grad von Plethora, aufregende Affecte. Ruhe, Schlaf, Ermüdung,

Schwäche, Kälte, vermehrten Luftdruck, Uebergang vom Stehen zum Sitzen und besonders zum Liegen, deprimirende Affecte bezeichnet er dagegen als jene Einflüsse, welche den Puls seltener machen.

Unverkennbar ist der Einfluss der Bewegung. Nach *v. Ghert* (*Klin. Tydschrift II.* 385) wird bei sehr starken Muskelbewegungen zuerst die Respiration beschleunigt, ohne dass die Pulse in gleichem Maasse zunehmen, und wenn dann Ruhe eintritt, so behält die Beschleunigung des Pulses eine Zeit lang das Uebergewicht über das beschleunigte Athmen. Auch bei passiven Bewegungen nahm *Hoppe* (Medic. Briefe. Jahrg. 2. Heft 2. S. 65) eine Beschleunigung des Pulses wahr. — Sehr entschieden ist der Einfluss der Körperstellung, welche vorzüglich von *Harden* (*Schmidt's* Jahrb. 4. Suppl.-Bd. S. 22) und von *Guy* untersucht wurde. Unabhängig von den dazu erforderlichen Bewegungen beträgt der Unterschied zwischen Liegen und Sitzen $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{9}$, zwischen Liegen und Stehen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{23}$, zwischen Stehen und Sitzen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{107}$. Für die Beurtheilung der Pulsfrequenz ist es also nicht gleichgültig, in welcher Stellung man jemand untersucht. — Dem Einflusse der Diät haben *Guy* und *Volkmann* nachgeforscht. Beide beobachteten einen langsameren Puls bei vegetabilischer Kost. Den Einfluss der einzelnen Mahlzeit, welcher allemal ein häufigerer Puls nachfolgt, haben *Fröhlich* und *Lichtenfels* (Wiener akad. Denkschr. Bd. 3. S. 121) genau untersucht. Bei einem reichlichen Wassergebrauche fand *Böcker* (*Nova acta Ac. Caes. Leop. Vol.* 24. *P.* 1. *p.* 390) 2,8 Pulsschläge weniger als bei geminderter Wasseraufnahme. — Von einer Verminderung des Luftdrucks hat man ziemlich allgemein eine Beschleunigung des Pulses beobachtet. Indessen fand *Hunter* (*London med. Gaz. Aug.* 1850. p. 256) bei seinen Soldaten in Ostindien keinen Unterschied, wenn er sich auch 8—9000 Fuss über dem Meere befand. Dies steht im bestimmten Widerspruche mit *Parrot's* Behauptung, dass die Frequenz des Pulses mit der Erhebung über das Meer regelmässig steigt: ein Puls von 70 Schlägen auf der See stieg auf 75 bei 1000 Meter über der See, auf 82 bei 1500 Meter, auf 90 bei 2000 Meter, auf 95 bei 2500 Meter, auf 100 bei 3000 Meter, auf 110 bei 4000 Meter. (S. *Nick*, Bedingungen der Häufigkeit des Pulses. Tübingen 1826.) *Junod* (*Froriep's* Notizen 1835. S. 265) beobachtete grössere Pulsfrequenz, mochte eine Luftverdünnung bis zu $\frac{3}{4}$ der Atmosphäre oder eine Luftverdichtung bis zu $1\frac{1}{2}$ Atmosphären statt finden. — Die ungleiche Frequenz des Pulses am Morgen und am Abende scheint nicht constant zu sein: *Harden*, *Guy*, *Stratton*, *Knox* fanden ihn immer am Morgen schneller, *Hunter* dagegen am Abende. — Blutentziehungen vermindern meistens die Frequenz des Pulses; sie vermehren dieselbe dagegen meistens bei Thieren mit einem sehr langsamen Herzschlage, z. B. beim Pferde. — Ferner wird der Puls durch erhöhten Respirationsdruck beschleunigt, durch einen geminderten Druck dagegen verlangsamt (§. 17).

Endlich üben verschiedene Substanzen einen merkwürdigen Einfluss auf die Frequenz des Pulses. Von den Narcoticis ist die Digitalis mit ihrer die Pulsfrequenz vermindernden Wirkung allgemein bekannt. *Traube's* Untersuchungen (Annalen des Charitékrankenhauses. 1851 u. 1852) lehrten, dass kleine Gaben den Puls beschleunigen, grössere ihn verlangsamen, hauptsächlich wohl durch Einwirkung auf den Vagus. — *Lichtenfels* und *Fröhlich* (Sitzungsberichte der Kais. Akad. in Wien. 1851. S. 824) haben den Einfluss verschiedener Quantitäten chemisch reiner narkotischer Substanzen auf den Puls sehr sorgsam untersucht und dabei interessante Resultate erhalten. Es stellt sich eine grosse Regelmässigkeit in der Wirkung heraus und zugleich eine ganz verschiedene Reihenfolge der Verlangsamung und der Beschleunigung, wobei für einige nach einiger Zeit plötzlich ein Kehrpunkt auftritt, so dass von diesem Gesichtspunkte aus manche Narcotica von andern getrennt und in Eine Klasse vereinigt werden können. Auch ergiebt sich, dass verschiedene Dosen eine ganz ungleiche Wirkung äussern in Betreff der Reihenfolge der Veränderungen, während das Maass der Veränderungen in der primären und secundären Wirkung der Quantität entsprechend sein kann. — Auf diesem Wege werden gewiss noch andere interessante physiologische Wahrheiten zu Tage kommen. Es bietet diese Versuchsweise den grossen Vor-

theil, dass der Einfluss auf die Frequenz des Pulses sich scharf in Zahlen fassen lässt. Diesem Einflusse auf das Herz aber wird der Einfluss auf andere Functionen, namentlich auf das Nervensystem, ohne Zweifel entsprechend sein.

Drittes Kapitel.

Die Blutbewegung im Capillarsysteme.

Poiseuille, *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires.* 1835.

§ 46. Die Capillaren und deren Kreislauf im Allgemeinen.

Das Capillarsystem besteht aus einem Netze sehr feiner Röhrchen, welches die kleinsten Arterienästchen mit den feinsten Venenästchen in Verbindung setzt. Die Form dieser Netze ist eine sehr mannichfaltige, und die Weite der Röhrchen wechselt nicht nur bei verschiedenen Thierarten, sondern auch in den verschiedenen Körpertheilen des nämlichen Thiers. Die meisten werden indessen so fein, dass die Wandungen nur aus einer einfachen Membran bestehen, welche hier und da mit Kernen besetzt, sonst aber structurlos ist. Die Eigenschaften dieser dünnen Membran stimmen sehr mit jenen der elastischen Fasern, und sie ist auch gewiss sehr elastisch. Contractilität, jene Eigenschaft der Arterien und der Venen, die gerade in den kleinsten Aesten am deutlichsten wahrgenommen wird, scheint den Capillaren nicht zuzukommen.

In den grossen Gefässstämmen lässt sich der Blutumlauf nicht direct beobachten; die Wände der Capillaren und der kleinsten Arterien- und Venenäste dagegen sind dünn und hinreichend durchscheinend, dass man das Blut durch ihre Kanäle kann strömen sehen. Bei auffallendem Lichte gelingt aber diese Wahrnehmung nicht, und nur an durchscheinenden Partien lässt sich der Blutumlauf direct untersuchen. Zumeist benutzt man hierzu die Schwimmhäute des Frosches; aber auch in den Lungen, im Gekröse, in der Zunge, in der Blase des Frosches und verwandter Thiere, ferner im Schwanze von kleinen Fischen, von Salamandern, von Froschlarven, in den durchscheinenden Theilen der Embryonen, ja selbst an warmblütigen Thieren, namentlich in den Fledermausflügeln lässt sich der Blutumlauf beobachten. Um das schöne Schauspiel einige Zeit hindurch in Ruhe geniessen zu können, hat man verschiedene Mittel zur Befestigung ausgesonnen, namentlich für die

Schwimmhaut des Frosches. Aller dieser Apparate kann man aber entbehren, wenn man das Thier durch Einathmen von Aether oder Chloroform betäubt, wobei der Blutumlauf regelmässig fortdauert und das Thier unbeweglich still liegt. Man braucht dann auch die Schwimmhäute nicht mit Nadeln auszuspannen, was leicht zu Störungen des Blutumlaufs Veranlassung giebt.

Die Capillaren besitzen nur Elasticität und keine Contractilität. Manche Erscheinungen, wie das Roth- und Blasswerden durch Gemüthsbewegungen, die auf eine Contractilität hinzudeuten scheinen, lassen sich eben so gut aus einer Zusammenziehung der kleinen Arterienästchen oder der Haut erklären. Auch erhielt *Weber* (*Müller's* Archiv 1847. S. 235) bei directer Reizung eines Haargefässes ein negatives Resultat. Die Entwickelung und der Bau der Capillaren weisen in gleicher Weise auf ein Fehlen der Contractilität hin (*Nederl. Lancet,* 3e *Serie I.* 85). Wir können deshalb auch den Gründen nicht beistimmen, weshalb *Todd* und *Bowman* (*Physiological Anatomy and Physiology of Man. P. IV. p.* 369) eine besondere Kraft in den Capillaren annehmen, der sie mit *Carpenter* den Namen Capillarkraft beilegen (s. *Poiseuille* l. c. p. 116). Dagegen kommt schon an den kleinsten durchscheinenden Arterien- und Venenästen, die von Manchen wohl noch den Capillaren zugezählt werden, unzweifelhaft Contractilität vor.

Unter den kaltblütigen Thieren hat man grössere Auswahl zur Beobachtung des Blutumlaufs als unter den warmblütigen. Recht gut eignet sich zur Beobachtung des Capillarkreislaufs die Schwimmhaut des Frosches. Man sucht dazu die blassesten Thiere aus, bei denen das Pigment in der Haut die Beobachtung weniger leicht stört. An den Fledermausflügeln tritt das Pigment mehr störend in den Weg, und da man bei ihnen auch einer stärkeren Vergrösserung bedarf, so lassen sich die Einzelnheiten nicht gleich gut beobachten. Auch starben bei unsern Versuchen die Fledermäuse bald durchs Aetherisiren. Ein rhythmisches Klopfen der Venen, welches *Wharton Jones* am Fledermausflügel fand, haben auch wir, gleich *Schiff*, deutlich wahrgenommen. Bei Fröschen und auch bei andern kleinen Thieren ist die Beobachtung am reinsten im Gekröse zu machen. Ist auch das Capillarnetz hier weniger reich, so eignen sich doch die kleinen Arterien und Venen nirgends gleich gut zur Beobachtung. Aber auch hierbei muss das Thier ätherisirt werden. Will man den Blutumlauf in der Zunge sehen, so muss das Thier befestigt werden, und das aus der Mundhöhle heraus gezogene Organ muss mittelst Nadeln über die Oeffnung eines dünnen Brettchens, einer Korkplatte oder eines Stückchens Pappe gespannt werden.

Bei 40maliger Vergrösserung hat man ein grosses Gesichtsfeld, und bei kaltblütigen Thieren tritt die Richtung des Blutstroms in den Arterien und Venen, sowie im verbindenden Capillarnetze schon ganz deutlich hervor. Um die Einzelnheiten wahrzunehmen, bedarf es einer 200maligen Vergrösserung.

§ 47. Blutbewegung und Blutdruck in den Capillaren.

Beobachtet man gleichzeitig die Strömung des Bluts durch eine kleine Arterie, durch das Capillarnetz und durch kleine Venen, so erkennt man sogleich, dass die Bewegung in den Capillaren langsamer ist als in den kleinen Venen, und dass die Geschwindigkeit in den zuführenden Arterien wiederum weit grösser ist. Diese Geschwindigkeit ist umgekehrt proportional dem Durchschnitte der Blutbahn. Die zuführenden Arterienästchen sind in der Regel

kleiner als die abführenden Venenästchen, und meistens auch nicht so zahlreich wie diese; das Gesammtlumen der Capillaren übertrifft wiederum jenes der kleinen Venen beträchtlich: daraus erklären sich die Geschwindigkeitserscheinungen hinlänglich. Bei den Messungen der Blutströmung in den Capillaren kaltblütiger Thiere hat sich eine mittlere Geschwindigkeit von 0,245 bis 0,573 Millim. in der Secunde herausgestellt. Bei den warmblütigen Thieren scheint sie grösser zu sein. Rechnen wir hier mit *Volkmann* 0,8 Millim. auf die Secunde, so ist die Bewegung 500 Male langsamer als in der Aorta (§ 37), und das Lumen der gesammten Capillaren des grossen Kreislaufs wird mithin 500 Male grösser sein als jenes der Aorta. In der zuführenden kleinen Arterie, welche unmittelbar ins Capillarsystem eintritt, fanden wir die Geschwindigkeit bereits zehnmal grösser als in den Capillaren selbst.

Man sieht ferner, dass das Blut in den Capillaren eine gleichmässige Bewegung hat, und eben so auch in den Venen. Dagegen erkennt man sehr oft auch in ganz kleinen Arterien noch jede Systole des Herzens, und zwar deutlicher an der rhythmischen Beschleunigung und Verlangsamung des Blutstroms, als an einer Ausdehnung des Gefässes. Am deutlichsten erkennt man die rhythmische Zusammenziehung des Herzens auch in diesen kleinen Arterien, wenn bei Fröschen die Herzthätigkeit durch Aetherisirung oder durch längeres Blosliegen des Herzens einigermaassen unterdrückt und dadurch der Blutdruck in den Arterien gemindert wurde. Unter solchen Umständen kann sich das Blut selbst in den Capillaren und in den Venen einigermaassen stossweise bewegen. Eine derartige Bewegung tritt auch ein, wenn der Blutumlauf durch Unterdrückung der Herzthätigkeit vorübergehend zum Stillstande kam und nun wieder anfängt. — Die Strömung durch die Capillaren dauert fort, nachdem die Herzthätigkeit bereits aufgehört hat, wegen des höhern Blutdrucks in den Arterien.

Ueber den Blutdruck in den Capillaren lassen sich keine Versuche anstellen. Aus dem früher Entwickelten folgt aber, dass er sich einerseits an den Druck in den kleinsten Arterien, andererseits an jenen in den kleinsten Venen anschliesst. Da nun der Widerstand in den Capillaren am grössten ist, so folgt daraus, dass, zumal in langen und engen Capillaren, ein bedeutender Unterschied des Drucks am Anfange und am Ende eines Haargefässes vorkommen kann. Bringt man die verschiedenen influirenden Umstände in Anschlag, so kommt man zu dem Resultate, dass in der Mitte des Ca-

pillarsystems der Blutdruck nicht viel unter der Hälfte des in den arteriellen Hauptstämmen stattfindenden betragen muss. Es übt aber der Widerstand, welcher am Ende des Capillarsystemes noch überwunden werden muss, darauf grossen Einfluss. Im Allgemeinen ist derselbe geringer, als jener Widerstand, welcher in den Arterien bis zum Capillarsysteme hin überwunden worden ist. Hat aber das Blut noch ein zweites Capillarsystem zu durchlaufen, wie das in die Pfortader eintretende, muss es der Schwere entgegensteigen, wie in den unteren Gliedmaassen bei aufrechter Stellung, findet auf die Venen oder sonst wo ein ungewöhnlicher Druck statt, dann bleibt der annoch zu überwindende Widerstand am Ende des Capillarsystems besonders gross, und der Druck in dessen Mitte wird dann auch die Hälfte des mittleren Blutdrucks in den grossen Arterienstämmen übertreffen können. Dass die Geschwindigkeit auf der ganzen Bahn und also auch in den Capillaren mit zunehmendem Widerstande auf dieser Bahn abnimmt, das bedarf wohl keiner nähern Nachweisung.

Um die Geschwindigkeit des Blutlaufs in den Capillaren zu bestimmen, bringt man ein Glasmikrometer in das Ocular des Mikroskops und bestimmt die Zeit, binnen welcher ein Blutkörperchen eine gewisse Strecke desselben durchläuft. Zur Zeitbestimmung kann man die Schläge einer Taschenuhr benutzen, die meistens etwa $\frac{1}{5}$ Secunde betragen. Es muss aber dafür gesorgt werden, dass keine Störungen oder Veränderungen im Kreislaufe entstehen. *E. H. Weber* (*Müller's* Archiv, 1838. S. 465) hat, nachdem *Hales* und *Reil* dergleichen erstrebt hatten, zuerst solche Versuche angestellt, und für die Capillaren im Schwanze der Froschlarven fand er im Mittel (aus 17 Beobachtungen) eine Geschwindigkeit von 0,573 Millim. *Valentin* (Lehrb. d. Phys. Bd. 1. S. 833) hat in der Schwimmhaut eines Frosches aus 6 Beobachtungen 0,24, in der eines andern Frosches aus 18 Beobachtungen 0,78, aus den vereinigten Beobachtungen aber 0,51 Millim. mittlere Geschwindigkeit gefunden. *Volkmann* (Hämodynamik S. 184) beobachtete in den Kiemen von Salamanderlarven 0,245, im Schwanze von Froschlarven 0,4, im Schwanze eines kleinen Fisches 0,12 Mill. mittlere Geschwindigkeit in der Secunde. Im Gekröse eines jungen Hundes, wo die Athmungsbewegungen keine genaue Bestimmung zuliessen, schätzte er die Geschwindigkeit auf 0,8 Mill. — *Valentin* beobachtete, dass die Geschwindigkeit in mikroskopischen Venen nur wenig grösser war als in den Haargefässen. Wir fanden dagegen in den Schwimmhäuten eines Frosches einen sehr auffallenden Unterschied.

Vierordt (Archiv f. phys. Heilk. 1848. S. 184) hat zuerst versucht, aus der verschiedenen Geschwindigkeit des Blutstroms in der Aorta und in den Capillaren das Lumen der gesammten Capillaren zu berechnen; er ging aber dabei von fehlerhaften Daten aus. Strömt das Blut in den Lungencapillaren schneller als in den Körpercapillaren, wie es *Hales* bereits beobachtet haben will, so ist das Lumen der gesammten Lungencapillaren kleiner.

Bei allen diesen Untersuchungen wird die Geschwindigkeit nach der Bewegung der gefärbten Blutkörperchen bestimmt, denn die Bewegung des *Liquor sanguinis* ist nicht wahrzunehmen. Sicherlich strömt aber die Flüssigkeit nahe der Wandung des Haargefässes viel langsamer, was man in kleinen Arterien und Venen unmittelbar wahrnehmen kann. Deshalb sind diese Messungen für das Blut im Ganzen unzureichend.

Wir haben früher gesehen, dass nach der Theorie die Blutwelle im Arteriensysteme durch verschiedene Ursachen allmählig länger und niedriger werden muss, bis sie sich in den kleinsten Arterien ganz verliert, wo statt ihrer eine gleichförmige Strömung eintritt. Die directe Beobachtung bestätigt dieses theoretische Postulat vollkommen und lehrt zugleich, dass bei einer geringen Spannung der Arterien, wobei die Ausdehnung durch jede Blutwelle viel grösser wird und eben so auch die Beschleunigung des langsamen Stromes verhältnissmässig viel bedeutender ist, eine stossweise Bewegung in den Capillaren und selbst in den kleineren Venen vorkommt. (*Poiseuille* a. a. O. S. 131.)
Poiseuille hat auch vielfache Untersuchungen über die Fortdauer des Blutlaufs in den Capillaren nach der Unterbindung der Arterien am Herzen angestellt und eine richtige Erklärung der Sache gegeben. Es muss nämlich diese Bewegung nothwendig fortdauern, bis das Blut im ganzen Gefässsysteme unter dem nämlichen Drucke steht. (*Volkmann* a. a. O. S. 331. *Weber* in *Müller's* Archiv, 1851. S. 88.)

§ 48. Verschiedene Geschwindigkeit der Bewegung an den Wänden und in der Mitte der Gefässe.

Wir erwähnten, dass in den Capillaren die an die Wandung angrenzende Flüssigkeit langsamer sich bewegen muss, als die im Centrum des Gefässes befindliche. In etwas grösseren Aestchen, die noch durchscheinend genug sind, kann man diess direct beobachten. Im Froschgekröse z. B. bemerkt man ganz deutlich, dass die gefärbten Blutkörperchen (Fig. 46. *c*), welche mit grosser Geschwindigkeit durch das Centrum des Gefässes strömen, mit dessen Wandung (*b*) nicht in Berührung kommen, dass aber zwischen der Wandung und dem centralen Inhalte des Gefässes (*c*) ein farbloser Saum übrig bleibt, worin bloss ungefärbte Blutkörperchen (*d*) schwimmen, die sich langsam an der Wandung fortbewegen. Ohne Zweifel betheiligt sich diese ganze Flüssigkeitsschicht an der langsamen Bewegung. In den Lungen- und Kiemengefässen scheinen die gefärbten und ungefärbten Blutkörperchen untereinander gemengt vorzukommen und es fehlt hier der farblose Saum.

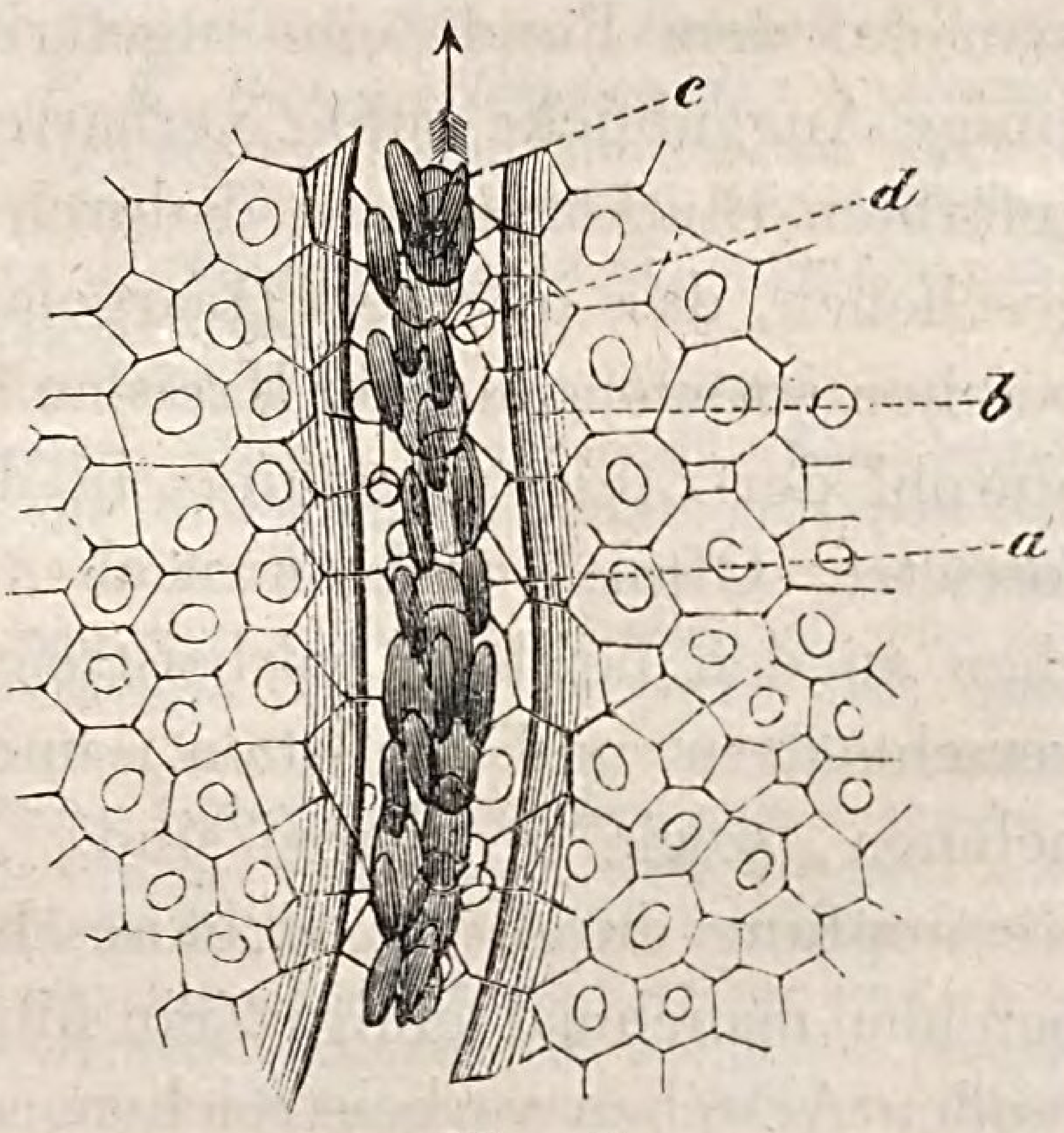


Fig. 46.

Durch die kleinsten Capillaren, die aber nicht in allen Geweben vorkommen, können sich die Blutkörperchen nur einzeln hin-

Fig. 46. Die Blutbewegung in einem Mesenterialästchen des Frosches; nach *Gerlach*.

tereinander, mit kleinen Zwischenräumen von farbloser Flüssigkeit bewegen. Die Grösse der Capillaren steht bei verschiedenen Thieren im Verhältniss zur Grösse eines Blutkörperchens: sie sind bei den Amphibien grösser als bei den Fischen, bei diesen wieder grösser als bei den Säugethieren; bei den Embryonen, deren Blutkörperchen grösser sind als beim Erwachsenen, haben die kleinsten Capillaren auch einen grösseren Durchmesser.

Die ovalen Blutkörperchen der Amphibien und Fische stellen sich in der Regel mit ihrem längsten Durchmesser in die Axe des Gefässes. Offenbar bewegen sich in den Capillaren, durch welche nur Ein Blutkörperchen auf Einmal durchströmen kann, die farblosen Körperchen eben so schnell als die gefärbten. Indessen bemerkt man doch, dass auch hier die farblosen mehr Widerstand finden und leicht einen Augenblick auf ihrem Platze zurückgehalten werden. Wahrscheinlich rührt diess von einem Mangel an Elasticität her, womit die gefärbten Blutkörperchen in hohem Maasse ausgestattet sind, so dass sie ihre Gestalt nach dem vorhandenen Raume abändern können. Dort besonders, wo ein Haargefäss beinahe rechtwinkelig mit einem andern communicirt, sieht man auf dem Rande ein ungefärbtes Blutkörperchen nicht selten einige Augenblicke ruhig verharren. Manchmal werden auch die gefärbten Blutkörperchen dadurch zurückgehalten, und so kann es geschehen, dass in einem Haargefässe eine Zeit lang keine Blutkörperchen strömen und der Kreislauf hier wirklich zu stocken scheint, obwohl der *Liquor sanguinis* in den Zwischenräumen seinen Weg fortsetzt. Oftmals sieht man aber auch die gefärbten Blutkörperchen an den farblosen vorbeistreichen, indem sie sich verlängern, verschmälern und abplatten, und alsbald wieder ihre Form annehmen, sowie sie vorbei sind. Auch ohne eine solche partielle Verstopfung durch ein farbloses Körperchen können die Blutkörperchen manchmal einige Zeit hindurch an einem der communicirenden Aestchen vorbeistreichen, so dass dieses nur *Liquor sanguinis* durchlässt, bis gewöhnlich ein gefärbtes Körperchen sich wiederum Bahn durch das Haargefäss bricht, worauf dann viele andere nachfolgen.

So lange man die Bedeutung der Ernährungsflüssigkeit nicht vollständig begriffen hatte, gab man sich viele Mühe, nachzuweisen, dass zwischen den blutführenden Capillaren noch ein feineres Capillarsystem vorkäme, welches im normalen Zustande kein rothes Blut führt und nur mit *Liquor sanguinis* erfüllt ist. Das Vorkom-

men dieser feinsten sogenannten *Vasa serosa* ist aber durchaus unerwiesen.

Die Adhäsion an den Wänden der Blutgefässe ist, wie wir früher gesehn haben, Schuld daran, dass die unmittelbar an die Wand grenzende dünnste Schicht in Ruhe bleibt und die Geschwindigkeit nach der Axe des Gefässes hin zunimmt. Weniger klar ist es, warum die farblosen Blutkörperchen in dieser äussersten Schicht vorkommen, worin die gefärbten fehlen. Doch scheint die stärkere Adhäsion und die mangelnde Elasticität der farblosen Körperchen zu bewirken, dass sie an der Gefässwand haften, sobald sie diese einmal erreicht haben. Damit stimmt es, dass sie nach *Wagner* (Beiträge zur vergl. Phys. 2. Heft, S. 33) in den Lungen der Amphibien und in den Kiemen der Fische unter den rothen Blutkörperchen gemischt vorkommen. Die Strecke vom Herzen weg, von wo aus sie natürlich im gemengten Zustande nach jenen Organen getrieben werden, ist nämlich sehr kurz und es scheint die Zeit nicht auszureichen, dass die farblosen Körperchen die Wandung der Gefässe erreichen können. Ueber den farblosen Saum sind *Schultz* (System der Circulation S. 46), *Poiseuille* (p. 144), *Wagner*, *Weber* (*Müller's* Archiv, 1837. S. 267), *Ascherson* (Ebendas. S. 257), *Gluge* (*Ann. des Sc. nat.* 1839. p. 60) zu vergleichen. Sehr leicht bemerkt man denselben, zumal bei gutgenährten Fröschen, in den Gefässen des Mesenteriums. Man sieht den Saum ebensowohl an den Rändern der Gefässe als an der Oberfläche, wo die farblosen Körperchen sich ebenfalls langsam fortbewegen, während der centrale Cylinder mit Geschwindigkeit forteilt. Nach *Wharton Jones* (*Guy's Hospital Reports* 1850. *Vol.* 7. *P.* 1. *p.* 19) ist der helle Saum in den kleinen Venen deutlicher als in den kleinen Arterien, wo die Geschwindigkeit der Strömung die Wahrnehmung behindert. Das Fehlen des Saums in den Athmungsorganen ist nach *Wagner* besonders deutlich in den Lungen des Wassersalamanders.

Was bei den Aelteren über die *Vasa serosa* (*Vasa plastica* bei *Schultz*) vorkommt, das findet man zum grössern Theile bei *Béclard* (*Elémens d'Anat. génér. Bruxelles* 1828. p. 165) und bei *E. H. Weber* (*Hildebrandt's* Anatomie Bd. 3. S. 48) zusammengetragen. Von den Neueren sind hierüber zu vergleichen *Henle* (*De membr. pupillari* 1832. p. 52), *Wagner* (Lehrb. der spec. Phys.) und *Coccius* (Ueber die Ernährungsweise der Hornhaut und die serumführenden Gefässe im menschlichen Körper. Leipz. 1852).

Die Form des Haargefässnetzes kann nicht ohne Einfluss sein auf den Blutlauf. Allerdings sind die Anastomosen überall so zahlreich, dass keine Stockung entstehen kann, wenn auch die Bewegung in einzelnen Kanälchen gehemmt wird: doch nimmt man auch nicht selten wahr, dass die Richtung des Blutstroms in einzelnen Haargefässen sich umkehrt. Stellen wir uns ein Capillarnetz zwischen einer kleinen Arterie und Vene vor, so ist es klar, dass die Bewegung in einzelnen Aestchen, zumal in jenen, welche mehr oder weniger quer zwischen den zu- und abführenden Gefässen verlaufen, eine entgegengesetzte sein kann, ungeachtet das Blut von der Seite der Arterie her nach der Vene fortschreitet. Naturgemäss muss die Richtung, in welcher das Blut durch einen bestimmten Abschnitt des Capillarsystems strömt, eine solche sein, wobei die Ströme in der Gesammtheit der Gefässe einander am wenigsten entgegenwirken und das Blut nach der Gegend des minderen Drucks abfliesst. Tritt in einzelnen ein Hinderniss oder in andern eine Erweiterung ein, so wird diese Bedingung nur dadurch erfüllt werden können, dass sich in einigen Aestchen die Strömungsrichtung abändert. Immer aber wird noch ein Theil der Treibkraft durch die Winkel verloren gehn, unter denen die verschiedenen Ströme aufeinander treffen. Welchen Einfluss die Form der verschiedenen Capillarnetze hierauf äussern muss, das verdient noch näher untersucht zu werden.

§ 49. Entwickelung von Stasis.

Wird ein Körpertheil gereizt, so sieht man, dass er schnell röther wird und dass zugleich eine mehr oder weniger ansehnliche

Geschwulst sich bildet: *ubi stimulus ibi affluxus.* Die stärkere Röthe spricht für die Anwesenheit einer grössern Menge Blut (*Hyperaemia*), und da eine Gefässzerreissung dabei nicht stattfindet, für eine Ausdehnung der Blutgefässe. Lässt man die Reizung auf einen durchsichtigen Körpertheil einwirken und beobachtet dabei den Kreislauf unterm Mikroskope, so bemerkt man in manchen Fällen erst eine schnell vorübergehende Verengerung in den kleinen Gefässstämmchen sowohl als in den Capillaren, welcher indessen fast unmittelbar eine Erweiterung nachfolgt. Manchmal sieht man diese Erscheinungen auch ohne absichtliche Reizung unterm Mikroskope auftreten (*Wharton Jones*). Zugleich mit der Erweiterung haben manche eine Verlangsamung, andere eine Beschleunigung der Blutbewegung wahrgenommen. Das eine sowohl wie das andere ist physikalisch denkbar. Erfolgt die Blutzufuhr in gleichem Maasse, wie die Erweiterung, so wird, weil die Erweiterung einen geringeren Widerstand mit sich führt, zur Beschleunigung Veranlassung gegegeben. Beschränkt sich dagegen die Erweiterung auf eine kleine Strecke, ohne dass auch die zuführenden Stämme erweitert sind, dann wird die Vergrösserung des Strombettes trotz des geringeren Widerstandes zur Verlangsamung führen. — Dauert die Reizung fort, dann macht sich die Verlangsamung rasch bemerklich. Das Blut bewegt sich alsbald nur stossweise bei der Systole des Herzens, darauf folgt eine schaukelnde Bewegung (*mouvement de va et vient*), indem das Blut bei jeder Diastole ungefähr zur nämlichen Stelle zurückkehrt, und zuletzt kommen die mehr und mehr angehäuften Blutkörperchen ganz zur Ruhe (*Stasis*), wobei aber gewiss in den meisten Fällen die Strömung des *Liquor sanguinis* durch die betreffenden Gefässe nicht ganz aufgehoben ist. Unter günstigen Umständen werden die nämlichen Erscheinungen aufs Neue in der umgekehrten Ordnung wahrgenommen und der Blutumlauf hat sich dann wiederum hergestellt. Diese Herstellung sieht man zuerst an den Grenzen der Stasis, wo immer ein Paar Blutkörperchen aus dem Gefässe, in welchem die Stasis sich bildete, austreten und zuletzt die Bewegung in dem ganzen Gefässe wieder zurückkehrt. Nicht selten bemerkt man, dass zuerst bei der Entwickelung der Stasis die farblosen Körperchen in den Capillaren an Menge zunehmen. Wir sind der Meinung, dass man hierbei nicht an eine Bildung farbloser Blutkörperchen zu denken hat, sondern an ein grösseres Hinderniss ihrer Fortbewegung, während die gefärbten noch durchströmen.

Der Mechanismus, wodurch diese Erscheinungen zu Stande kommen, ist noch nicht ganz aufgehellt. So viel ist klar, wenn viele kleine Arterienästchen weiter werden, ohne dass der Stamm, woraus sie entspringen, an der Erweiterung Theil nimmt, und wenn vollends die Erweiterung sich nicht bis zu diesem Stamme erstreckt, so muss durch die Erweiterung des Strombettes eine Verlangsamung der Blutbewegung zu Stande kommen. Diese Verlangsamung kann leicht zur Folge haben, dass die Blutkörperchen zurückgehalten werden, sich örtlich anhäufen, untereinander und mit den Wandungen der Gefässe verkleben und somit dem noch hindurchströmenden *Liquor sanguinis* immer grösseren Widerstand leisten. Ist nun solchergestalt die Stasis entstanden, so werden, da die Bedingungen der Endosmose und Exosmose abgeändert sind, das Blut und die Ernährungsflüssigkeit auch eine Aenderung erleiden, es entsteht somit ein verändertes Exsudat und es kommt jener Process zur Entwickelung, den man in der Pathologie als Entzündung beschreibt. — Umgekehrt ist es aber auch denkbar, dass eine veränderte Ernährungsthätigkeit im Parenchyme zur Umänderung der Gefässwände und des Blutlaufs Veranlassung giebt, worauf in der neuesten Zeit besonders durch *Virchow* hingewiesen wurde.

Werden die abführenden Venen comprimirt, so nimmt der Widerstand im Capillarsysteme zu, es dehnen sich die Capillaren und auch die kleinen Arterien aus und es entsteht eine Hyperämie, die ebenfalls zur Stasis mit deren eigenthümlichen Folgen führen kann.

Aber auch im Blute selbst scheinen die für die Entwickelung der Stasis günstigen Bedingungen auftreten zu können.

Ueber die Stasis ist besonders *Henle* zu vergleichen (Allgem. Anatomie S. 521. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 2. S. 37. Handb. d. rat. Pathologie Bd. 2. S. 454), der auch die Literatur zusammengestellt hat; ferner *Wharton Jones* (*Guy's Hospital Reports* 1850. *Vol.* 7. *P.* 1. *p.* 1), *Paget* (Ueber Entzündung in *Lond. med. Gaz.* 1850) und *Virchow* (Handb. d. spec. Pathologie u. Therapie. Bd. 1. S. 46).

§ 50. Einfluss der Nerven auf die Gefässstämme.

Wir sahen oben, dass die Arterien und Venen neben der Elasticität noch Contractilität besitzen, dass dagegen den Capillaren die letztere fehlt. Die Erscheinungen der Verengerung und Erweiterung in gesunden Capillaren müssen demnach entweder aus einer Veränderung der Herzthätigkeit, oder aus einer Veränderung des Blutumlaufes in den Arterien oder Venen erklärt werden. Je kraftvoller

das Herz wirkt, um so rascher ist der Blutstrom, um so höher ist der Blutdruck in den Arterien, desto mehr Blut ist in den Arterien und Capillaren, destoweniger in den Venen. Hierdurch werden nun die Arterien und die Capillaren ausgedehnt; es findet aber diese Ausdehnung gleichmässig in allen, ohne Ausnahme statt. Dagegen können Veränderungen im Tonus der Arterien eine modificirte Blutvertheilung veranlassen, und deshalb stimmen wir *Henle's* Ausspruche bei, dass von dem Herzen hauptsächlich die Blutbewegung, von den Gefässen die Blutvertheilung abhängig sei. Dieser Tonus der Arterien steht unter dem Einflusse des Nervensystems. Ueberall werden die Arterien von Nerven begleitet. Bei einer erhöhten Wirkung der vasomotorischen Nerven wird der Tonus der Gefässe erhöht und bei dem gleichen Blutdrucke das Lumen kleiner sein; bei schwächerer Wirkung dieser Nerven wird gerade das Gegentheil stattfinden. Das stärkere Klopfen der Arterien in der Nähe entzündeter Theile hat man häufig als eine erhöhte Wirkung der Gefässe angesehen; es beruht aber auf dem entgegengesetzten Grunde, nämlich auf einer Verminderung des Tonus der Gefässe, wodurch Erweiterung und ein stärkerer Pulsschlag entsteht.

Wirkt irgend ein Reiz unmittelbar auf eine Arterie, so ziehen sich die Muskelfaserzellen zusammen und das Lumen der Arterie wird kleiner. Aber selbst wenn der Reiz anhält, folgt auf diese Zusammenziehung schnell eine Erweiterung, welche als Lähmung in Folge von Ueberreizung zu deuten ist. Diese Lähmung oder Atonie kann auch direct nach Durchschneidung der Gefässnerven entstehen. Es ist kaum möglich, dass jene die Arterien begleitenden Nerven isolirt durchschnitten werden; man hat aber nach Durchschneidung entfernterer Nervenstämme eine Gefässlähmung wahrgenommen und daraus geschlossen, dass die vasomotorischen Nerven aus diesen Nervenstämmen entspringen. Nach Durchschneidung des Trigeminus, namentlich seiner Aeste, entsteht Atonie der Gefässe des Auges, des Zahnfleisches, der Zunge. Das Nämliche zeigt sich am Auge nach Durchschneidung des Sympathicus am Halse, an den Nieren nach Durchschneidung der *Nervi renales*, an der Ruthe nach Durchschneidung ihrer *Nervi dorsales*. Das schönste Beispiel dieser Art jedoch ist die Ausdehnung der Ohrgefässe, wenn der Sympathicus am Halse durchschnitten wurde, eine von *Bernard* gemachte und vielseitig bestätigte Entdeckung. Bei Reizung dieses Nerven haben wir Zusammenziehung der kleinen Arterien der

pia mater, welcher dann eine Ausdehnung nachfolgte, wahrgenommen.

Neben der directen und indirecten Gefässerweiterung, von denen die erstere nach Durchschneidung der vasomotorischen Nerven, die letztere durch Ueberreizung entsteht, nimmt *Henle* noch eine antagonistisch-indirecte Gefässerweiterung an: ein gereizter Zustand der animalen Nerven nämlich soll sich hier mit einer geminderten Wirkung der Gefässnerven verbinden. Auf diese Weise soll Reizung der Gefühlsnerven geminderte Thätigkeit der vasomotorischen Nerven und also auch Ausdehnung der Gefässe zur Folge haben. Eine directe Reizung der Haut kann ebensowohl die Gefässnerven als die Gefühlsnerven der Haut unmittelbar afficiren: Reizung der erstern führt zur Verengerung, Reizung der letztern zur Erweiterung, und dem ist es nach *Henle* zuzuschreiben, dass die Verengerung im Allgemeinen nur sehr kurz dauert, und dass ihr bald die Erweiterung nachfolgt. Indessen hat die Reizung des centralen Endes des durchschnittenen *Nerv. auricularis* unmittelbar die Verengerung der Ohrgefässe zur Folge, ohne dass die Gefässe selbst gereizt werden. Diese Contraction muss demnach als eine Reflexbewegung aufgefasst werden, wie sie bei Kaninchen auch durch Reizung anderer Gefühlsnerven zu Stande kommt.

Unter den ganz typischen Processen kommen vielfach Modificationen des Blutumlaufes vor, die sich ebenfalls aus einer veränderten Thätigkeit der vasomotorischen Nerven erklären lassen. Dahin gehört unter andern der periodische Blutandrang zu den Ovarien und die begleitende Menstruation nebst der Entwickelung der Ovula, die Anschwellung und vermehrte Thätigkeit der Brustdrüse während der Schwangerschaft und während des Säugens, der Blutandrang zur Gebärmutter während der Schwangerschaft, die Röthung der Magenschleimhaut während der Verdauung. Jeder Blutandrang dieser Art scheint auf dem verminderten Tonus der zuführenden Arterien zu beruhen, wodurch eine Erweiterung dieser Gefässe entstehen muss. Die am meisten überraschende derartige Erscheinung ist die abwechselnde Erweiterung und Verengerung der Ohrarterien bei Kaninchen, welche *Schiff* zuerst beobachtete. Dieselbe tritt häufig spontan ein ohne irgend eine Berührung des Thiers und sie wiederholt sich wohl mehrmals in der Minute.

In gleicher Weise entstehen durch Gemüthsbewegungen örtliche Blutanhäufungen. Das Erblassen des Gesichts durch Schrecken mag zum Theil von einer Unterdrückung der Herzthätigkeit her-

rühren; der örtliche Einfluss auf das Gesicht beweist aber, dass der Tonus in den Gefässen hier erhöht wird. Die Schamröthe dagegen weist auf einen verminderten Tonus der Gefässe hin; doch wird sie auch von einem erhöhten Tonus tiefer liegender Gefässe herrühren können, die aus der nämlichen Quelle schöpfen. Die verstärkte Absonderung der Thränendrüse sowohl bei Reizung von Aesten des fünften Paares in der Nähe des Auges, als bei manchen Gemüthsbewegungen, die Speichelabsonderung bei Reizungen der Mundhöhle und selbst bei psychischen Vorstellungen, zumal saurer Speisen und Getränke, sind auch sehr merkwürdige Erscheinungen, auf welche jedoch das Nervensystem einen directen, nicht blos durch die Blutgefässe vermittelten Einfluss ausübt (*Ludwig*).

Wenn man genauer auf die Umstände achtet, unter denen sich ein Einfluss auf die vasomotorischen Nerven kund giebt, so ersieht man deutlich, dass sie, zum Theil wenigstens, aus dem Gehirne oder aus dem Rückenmarke entspringen und durch die Bahn des Sympathicus die Gefässe erreichen.

Lange schon kannte man in der Physiologie eine Anzahl Erscheinungen, die nur aus dem Einflusse des Nervensystems auf die Blutgefässe schienen erklärt werden zu können. Die experimentellen Beweise dafür hatten aber wenig Ueberzeugendes. Eine Entdeckung *Bernard's* (*Comptes rendus* 1852. T. 34. p. 472) musste daher besonders die Aufmerksamkeit erregen, nämlich die plötzlich auftretende und anhaltende Temperaturerhöhung des Ohres und der ganzen Gesichtshälfte jener Seite, auf welcher der Sympathicus am Halse durchschnitten oder das *Ganglion cervicale primum* exstirpirt wurde. Der stärkere Blutandrang nach jenen Theilen, zumal nach dem Ohre, war ihm dabei nicht entgangen. Später theilte *Bernard* (*Comptes rendus de la Société de Biologie. Nov.* 1852) mit, die Röthe der Ohren und die Erscheinungen an den Augen, welche nach der Durchschneidung des Sympathicus entstehen, verschwänden, sobald das peripherische Ende dieses Nerven gereizt wird. Das Nämliche beobachtete *Waller* (*Comptes rendus T.* 36. *p.* 378) unabhängig von *Bernard*, und er bewies ebenso wie *Budge* (*Ib.* 377), dass die vasomotorischen Fasern, welche im Sympathicus an den Hals verlaufen, gleich den für die Iris bestimmten von der *regio cilio-spinalis* des Rückenmarks entspringen. *Bernard* hat später seine Untersuchungen ausführlicher mitgetheilt (*Récherches expérimentales sur le grand sympathique et spécialement sur l'influence, que la section de ce nerf exerce sur la chaleur animale. Paris* 1854) und er hat auch den Einfluss anderer Nerven neben dem Sympathicus, aber mit negativem Erfolge untersucht. Mit diesen Erscheinungen beschäftigte sich schon früher unter *Donders* Leitung *de Ruiter* (*Diss. de actione Atropae Belladonnae in iridem. Traj. ad Rhen.* 1853), und später auch *van der Beke Callenfels* in seinen Untersuchungen über den Einfluss der Gefässnerven auf den Blutumlauf und die Wärme (*Nederl. Lancet, 3e Serie III.* 689). Letzterer ist, im Widerspruche mit *Bernard*, zu dem Schlusse gelangt, dass die Durchschneidung des Stammes des Sympathicus einen grösseren Einfluss übt als die Exstirpation des Ganglion, und er hat bewiesen, dass die Arterien der *pia mater* dem Einflusse dieses Nervens ebenfalls unterworfen sind. Nach der Veröffentlichung der Arbeit von *Callenfels* wurden die bezüglichen Versuche im physiologischen Laboratorium zu Utrecht auch noch mit überzeugendem Erfolge wiederholt. *Callenfels* giebt zugleich eine historische Skizze aller dieser Untersuchungen, wozu auch die Versuche von *Schiff*

und *Brown-Séquard* gehören, die Bahnen der Gefässnerven anderer Körpertheile aufzufinden. — Die spontanen Contractionen der Arterien in den Ohren der Kaninchen nahm *Callenfels* nicht so constant und regelmässig wahr als *Schiff* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 13. 1854. S. 523); auch bestreitet er die Ansicht von *Schiff*, welcher in dieser Erscheinung die Wirkung eines accessorischen Herzens findet, und er betrachtet sie nur als einen Regulator der thierischen Wärme. Die Frage, ob die Temperaturerhöhung in den Ohren lediglich vom stärkeren Blutandrange herrührt, gehört nicht hierher. *Callenfels*, der ausführlich darüber handelt, findet keine Gründe dafür, um mit *Bernard* einen directen Einfluss der Nervendurchschneidung auf die Wärmeentwickelung anzunehmen. (Vergl. die Abschnitte über thierische Wärme und über die Lebenserscheinungen der Gefässe in der Allg. Physiologie.)

Viertes Kapitel.

Die Venen und die Blutbewegung in denselben.

C. F. G. Mogk, *de vi fluminis sanguinis in venarum cavarum systemate. Marb.* 1843. (Die unter *Ludwig's* Leitung ausgeführte Arbeit steht auch in der Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3.)

§ 51. Bau der Venen im Allgemeinen.

Das Gewebe der Venen stimmt in manchen Beziehungen mit jenem der Arterien überein. Gleich diesen bestehen sie grösstentheils aus contractilen und elastischen Häuten, die aber in gleich dicken Venen weit dünner sind als in den Arterien. Es geht ferner in die Zusammensetzung der Venen mehr elastisches und besonders mehr Bindegewebe ein, als in die Zusammensetzung der Arterien, bei denen das contractile Gewebe überwiegt. Von den dünneren Wänden rührt es her, dass die durchschnittenen Venen leicht zusammenfallen, und durch die Menge des elastischen und des Bindegewebes bekommen sie eine grosse Ausdehnbarkeit und Elasticität, und bei gleicher Dicke der Wandungen grössere Biegsamkeit und Festigkeit. Indessen unterliegt in den kleinern Venen die Contractilität keinem Zweifel.

Das Venensystem ist geräumiger als das Arteriensystem. In der Regel kommen zwei Venen auf eine kleinere Arterie; die Venen, welche die grossen Arterien begleiten, übertreffen diese durchgehends an Grösse; die oberflächlichen unter der Haut verlaufenden Venen haben keine entsprechenden Arterien, und ebenso ist die Pfortader in gewisser Beziehung selbstständig: kein Zweifel also, dass ein bedeutender Unterschied in der Capacität besteht. *Haller* nimmt das Verhältniss = 9 : 4, *Borelli* = 4 : 1 an.

Auf diese Zahlen darf indessen nur wenig Werth gelegt werden. Soviel steht fest, das Venensystem ist nicht immer ganz gefüllt, die

Wandungen der Venen sind nur wenig gespannt wegen des geringen Blutdrucks, sie sind nicht immer cylinderförmig ausgedehnt, sondern an manchen Stellen platt gedrückt oder zusammengefallen. Es kann in die Venen leicht mehr Blut aufgenommen werden, als im Allgemeinen darin befindlich ist. Bei einer schwächern Herzthätigkeit nimmt die Blutmenge im Arteriensysteme sogleich ab, im Venensysteme aber zu, und die wegen des geringern Blutdrucks vermehrte Aufsaugung bewirkt noch eine Zunahme der Blutmenge. Zumal bei einem Drucke auf die Venen, wodurch die Rückkehr des Bluts behindert und der Blutdruck in den Venen nach der Peripherie zu erhöht wird, entsteht rasch eine starke Ausdehnung dieser Venen.

Es unterscheiden sich die Venen weiterhin von den Arterien durch einen weniger gewundenen Verlauf und durch die Menge von Anastomosen, auch zwischen grössern Venenstämmen, während dergleichen zwischen grössern Arterien selten vorkommen. Durch diese Anastomosen ist die Rückkehr des Bluts beim Drucke auf die eine oder die andere Vene gesichert; sie sind aber oftmals in so grosser Menge da, dass sie wirkliche Plexus bilden, worin eine grosse Blutmenge aufgenommen werden kann, was auch zur Vermehrung der Capacität beiträgt.

Viele Venen haben in ihrem Verlaufe noch ähnliche Klappen, wie jene an den *Ostia arteriosa* des Herzens vorkommenden. Gleich diesen bestimmen sie die Richtung des Blutlaufes und befördern mithin auf mechanische Weise die Rückkehr des venösen Blutes zum Herzen, wie aus Fig. 47 zu entnehmen ist. Hier sind *ef* und *gh* die Venenwände, und die Klappen *ab* und *cd* sind geöffnet, wenn das Blut in der durch den Pfeil *i* angedeuteten Richtung nach dem Herzen strömt. Wird es dann durch irgend einen Widerstand, etwa durch die Exspiration oder durch die Muskelwirkung in der Richtung des Pfeiles *m* getrieben, so nähern sich die Klappen *lm* und *nm* einander und schliessen den Weg ab. — Die Klappen fehlen in den kleinsten Venen, sie finden sich in den mittelgrossen Venen am häufigsten und bestehen nur aus Einem oder aus zwei einander gegenüberliegenden Säckchen; selten nur kommen ihrer drei vor,

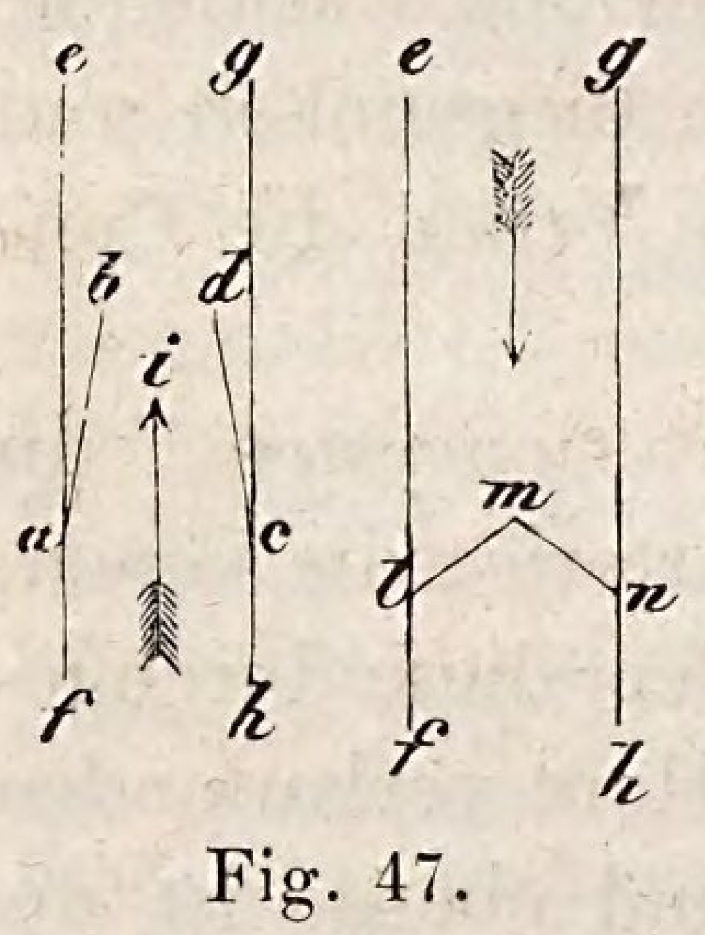


Fig. 47.

Fig. 47. Schema des Venenklappenschlusses; nach *Valentin*.

wie an den *Ostia arteriosa*. Man braucht die Venen nur aufzublasen, so erkennt man den Sitz der Klappen an der Erweiterung, welche der Kanal oberhalb derselben erfährt.

§ 52. Die Blutbewegung in den Venen.

Keine Verrichtung im thierischen Organismus geht unregelmässiger von statten, als der Blutlauf in den Venen. Bei der leichten Ausdehnbarkeit kann bald viel, bald nur wenig Blut in denselben enthalten sein, so dass das Venensystem nicht blos als ein System von Kanälen für den Blutumlauf, sondern auch als ein Reservoir für das Blut zu betrachten ist. Was weder in den Arterien noch in den Capillaren bleiben kann, das geht in die Venen über. Der geringste Druck veranlasst deshalb auch hier eine beträchtliche Ausdehnung und schafft sogleich Platz zur Ansammlung vielen Blutes (§ 40). Jetzt enthalten die Venen viel Blut, dann wieder wenig. Manchmal fliesst es ziemlich schnell nach dem Herzen zurück, dann aber steht es beinahe still oder wird selbst bis an die Klappen zurückgetrieben. Hier steht es unter einem nicht unbedeutenden Drucke, und dort wird der Druck negativ.

Denken wir uns, das Blut, welches durch die Arterien und Capillaren gelaufen ist, fliesse aus den Venen nach aussen ab, ohne in das Herz in der Brusthöhle zu gelangen, und es werde auch kein Muskeldruck auf die Venen ausgeübt, dann würde der Blutlauf gerade in den Venen viel regelmässiger sein als in den Arterien. Die Contractionen des Herzens und der Mechanismus des Athemholens, welche sich in den Arterien durch die Schwankungen des Blutdrucks und der Strömungsgeschwindigkeit geltend machen, pflanzen sich nämlich nicht durchs Capillarsystem bis zu den Venen fort, und so lange als das Herz mit gleichmässiger Kraft fortwirkte, würde das Blut mit ganz gleichmässiger Geschwindigkeit aus den Venen abfliessen. Da das Strombett in den Venen grösser ist, als in den Arterien, so würde diese gleichmässige Bewegung zugleich langsamer sein, als in den Arterien. Die Theorie weist ferner mit Bestimmtheit nach, wie sich der Blutdruck verhalten würde: derselbe würde, abgesehn von der Correction für die Strömungsgeschwindigkeit, nach der Ausflussöffnung hin regelmässig abnehmen und in deren Nähe = 0 sein. Da endlich bei der langsameren Bewegung in den weiteren Kanälen am Ende des Capillarsystems nur noch wenig Widerstand zu überwinden ist, so würde offenbar der

Blutdruck im Venensysteme, im Vergleich zu den Arterien, sehr niedrig ausfallen.

Diese geschilderte Gleichmässigkeit wird aber durch mehrere Ursachen gestört, durch die Contraction der Muskeln, welche auf die Gefässwände wirkt, durch den Druck auf das Herz und durch den Mechanismus des Athemholens, durch das plötzliche Eindringen von Blut in das Herz am Ende der Systole.

§ 53. Einfluss der Muskelthätigkeit auf die venöse Blutbewegung.

Viele Venen liegen zwischen den Muskeln, und da sie dünne, zusammendrückbare Wände besitzen, so werden sie durch die Contraction dieser Muskeln leicht zusammengedrückt. Es wird dann das in der Vene enthaltene Blut nach allen Seiten hingetrieben, nach der Peripherie sowohl wie nach dem Herzen. Nach dem Capillarsysteme zu treten nun aber vielfältig die Klappen sogleich hindernd entgegen, während das Blut mit mehr Kraft und unter einem stärkeren Drucke gegen das Herz hin bewegt wird. Solchergestalt ist die Muskelcontraction dem venösen Kreislaufe förderlich, was bei Abwesenheit der Klappen nicht der Fall sein würde. Ohne die Klappen würde bei der Muskelcontraction das Blut in den gedrückten Venen eben so stark nach dem Capillarsysteme hin ausweichen, als nach dem Herzen hin sich bewegen.

Eine anhaltende Muskelcontraction, wodurch eine mehr bleibende Compression einzelner Venen entsteht, wird den Blutumlauf in diesen Venen hindern, und das Blut wird durch eine geringere Anzahl von Venen zurückfliessen, in denen daher der Blutdruck nothwendig zunehmen muss. Bei der Menge der Venen und den vielen Anastomosen zwischen den verschiedenen Venenstämmen geschieht es aber, dass der Blutlauf keine wesentliche Störung erfährt, wenn auch einige davon comprimirt werden. Die Erfahrung hat ferner gelehrt, dass, wenn einzelne Venen durch einen bleibenden Druck oder durch andere pathologische Ursachen verschlossen bleiben, die übrigen Aeste in Folge des höheren Blutdrucks sich sehr schnell ausdehnen. Die Venen können also keinen bedeutenden Blutdruck ertragen, und ihre schnell eintretende Erweiterung ist schon ein Beweis, dass der Blutdruck in den Venen im Allgemeinen ein sehr niedriger ist.

Poiseuille brachte ein Manometer in die Venen und zwar nach dem Capillarsysteme hin gerichtet. Der hierdurch wahrgenommene Druck war aber nicht der normale, worunter das Blut steht, da ja hierdurch der Blutstrom in einem

bedeutenden Gefässe behindert wurde und der Blutdruck in dieser Bahn steigen musste. Bei Bewegungen des Thiers sah er die Flüssigkeit in dem Manometer bedeutend steigen. Dieses Steigen beweist ganz deutlich den Einfluss der Muskelwirkung auf die Fortbewegung des venösen Bluts; man erkennt aber auch zugleich, wie *Ludwig* und *Mogk* nachwiesen, dass man mittelst der Methode von *Poiseuille* den Druck, worunter das Venenblut steht, keineswegs bestimmen kann. Wenn sich z. B. das Blut in der Schenkelvene unter einem Drucke von 556 Millim. Wasser befand, so war die Contraction der Muskeln und ein Schütteln des Gliedes ausreichend, um allmählig ein Steigen bis auf 1063 Millim. herbeizuführen. Bei nachfolgender Ruhe sank das Manometer nicht auf den frühern Stand zurück, sondern es verharrte auf 1009 Millim. Dieser höhere Stand indessen rührt nicht davon her, dass der Blutdruck bleibend erhöht ist, sondern nur davon, dass durch die Klappen das Rückströmen des einmal eingedrungenen Bluts behindert wird. *Ludwig* und *Mogk* fanden ebenfalls, dass die Flüssigkeit nicht wieder auf den frühern Stand zurücksank, wenn sie durch einen äussern Druck auf die zuführenden Venen das Manometer hatten steigen lassen; sie konnten in den aufsteigenden Arm des Manometers noch mehr Flüssigkeit giessen, ohne dass die Flüssigkeit in die Vene zurücktrat, wodurch also der Seitendruck noch höher stieg. Dieser letzte Versuch beweist zugleich, dass die Klappen in den Venen an manchen Stellen wenigstens die Rückkehr des Bluts gänzlich abschliessen können. Bei unsern Versuchen über die Ausdehnungscoefficienten der Venen fanden wir das Nämliche an der Jugularis des Rindes. Das mässige Sinken des Manometers beim Aufhören der Muskelwirkung muss der Ausdehnung der Vene in der Nähe der Klappen und dem theilweisen Zurückweichen dieser letztern zugeschrieben werden; auch kann wohl beim Schliessen der Klappen ein Theil des Blutes entweichen.

Poiseuille's Versuche lehren mithin den normalen Blutdruck in den Venen durchaus nicht kennen, vielmehr geben sie aus zwei Gründen eine zu hohe Zahl. Zuerst nämlich wird dabei eine Vene, und zwar im Allgemeinen ein Hauptstamm, durch das Manometer verstopft, was eine bedeutende Erhöhung des Blutdrucks in dieser Bahn zur Folge haben muss; zweitens aber giebt sich ein vorübergehend erhöhter Druck, der durch Muskelwirkung oder durch andere Ursachen zu Stande kommt, am Manometer auf dauernde Weise zu erkennen.

§ 54. Einfluss der Lage der Centralorgane im Verhältniss zu den Lungen und zum Mechanismus des Athemholens. Nonnengeräusch.

Der Blutdruck in den Venen wird sehr wesentlich durch den Mechanismus des Athemholens modificirt, so wie durch die Saugkraft, welche das Herz und die Arterienstämme der Brusthöhle zu Folge ihrer Lage auf das übrige Blut ausüben. Offenbar unterliegen die Venen im Allgemeinen nach aussen dem Drucke Einer Atmosphäre. Wenn vom Blutdrucke oder vom Seitendrucke des Bluts die Rede ist, so wird darunter das Plus verstanden, um welches dieser Druck sich über den Druck einer Atmosphäre erhebt. Findet man für eine Arterie den Blutdruck = 160 Mill. Quecksilber, so ist er in der Wirklichkeit = 160 Mill. + 1 Atmosphäre, weil auf die Aussenfläche wenigstens eine Atmosphäre drückte. — An den meisten Stellen ist der Druck auf die Aussenfläche selbst noch grösser. So können die umgebenden Theile, namentlich beim Eindringen

jeder Blutwelle, sich auf die Arterie stützen, oder mit andern Worten auf deren Aussenfläche drücken; so werden die Gefässe in der Bauchhöhle dem Drucke von mehr denn Einer Atmosphäre unterliegen, weil die contractilen Wände dieser Höhle, zumal bei der Inspiration und bei der Bauchpresse, wo die Bauchmuskeln und das Zwerchfell zusammenwirken, sich der Atmosphäre, welche bereits auf die Bauchwand drückt, hinzugesellen. Die Folge hiervon ist, dass die Gefässwände nicht den ganzen Blutdruck zu tragen haben, dem ihre Innenfläche blosgestellt ist, und dass sie daher auch nicht so stark ausgedehnt werden, als nach dem am Manometer beobachteten Drucke zu vermuthen wäre.

Eine Ausnahme hiervon machen nun aber die Gefässe in der Brusthöhle, welche ausserhalb der Lungen liegen. Auf die Aussenfläche dieser Gefässe und eben so jener des Herzens wirkt ein Druck, der nicht ganz eine Atmosphäre beträgt. Die Ursache davon ist im Widerstande der elastischen Lungen zu suchen. Die Brustwandungen haben eine solche Beschaffenheit, dass sich der Luftdruck nicht durch sie hindurch auf die in der Brusthöhle liegenden Organe fortpflanzen kann. Der einzige offene Weg sind die Luftwege, und hier trifft die Luft auf die Lungen, welche überall gegen die Oberfläche der Brustwand und gegen die in der Brusthöhle liegenden Theile angedrückt werden, aber vermöge ihrer Elasticität der sie ausdehnenden Luft Widerstand leisten. Sobald der Brustkasten geöffnet wird, fallen die Lungen mit einer Kraft zusammen, welche jenem Widerstande, den sie der eindringenden Luft entgegenstellten, das Gleichgewicht hält. Je stärker die Lungen durch active Erweiterung des Brustkastens ausgedehnt werden, einen um so grössern Widerstand leisten dieselben. Es kann dieser Widerstand nach einer gewöhnlichen Exspiration auf 7,5 Millim. Quecksilber, nach einer gewöhnlichen Inspiration auf 9 Millim., nach einer möglichst tiefen Einathmung aber auf 30 bis 40 Millim. angeschlagen werden. Gerade um so viele Millimeter nun wird der Druck aufs Herz und auf die in der Brusthöhle gelegnen Gefässe der Spannung der Luft in den Lungen nachstehen.

Nun ist es aber klar, dass auch die Spannung der Luft in den Lungen jener der umgebenden Atmosphäre nicht immer ganz gleich ist. Schon während des gewöhnlichen Einathmens ist sie etwas niedriger, und während des gewöhnlichen Ausathmens etwas höher. Beim raschen Ein- und Ausathmen werden diese Unterschiede noch grösser. Beim Husten, beim Blasen nimmt die

Spannung zu, beim Aufsaugen kann sie in hohem Grade abnehmen. Die stärksten Differenzen treten hervor, wenn man, Mund und Nase geschlossen, mit grosser Anstrengung ein- und auszuathmen sucht: der negative Einathmungsdruck beträgt dann 36—74, der positive 82—100 Millim. Quecksilber.

Hieraus folgt also, dass beim gewöhnlichen Ein- und Ausathmen der Druck auf die in der Brusthöhle enthaltenen Gefässe und auf das Herz weniger als eine Atmosphäre beträgt, dass derselbe während des Einathmens geringer ist als während des Ausathmens, dass er beim starken Einathmen, zumal wenn der Luftzutritt behindert ist, noch um 36—74 Mill. niedriger werden kann, und dass er endlich bei einem starken Exspirationsdrucke viel mehr als Eine Atmosphäre betragen kann. Angenommen nämlich, dass die Lungen dabei durch ihre Elasticität 15 Millim. Quecksilber tragen, so wird der Druck aufs Herz und auf die Gefässe in der Brusthöhle sich noch bis zu 1 Atmosphäre + (82 bis 100 — 15 =) 67 bis 85 Millim. Quecksilber erheben können.

Nach dieser Darstellung wird also das Blut in den Venen beim ruhigen Ein- und Ausathmen immer nach der Brusthöhle hingezogen; beim starken Einathmen wird es kräftig von der Brusthöhle angezogen, und nur beim starken Ausathmen wird es aus der Brusthöhle gepresst.

Das fortwährende Aufsaugen des Bluts nach der Brusthöhle hin übt einen bedeutenden Einfluss auf den venösen Kreislauf, und mit dem Spiele der In- und Exspiration ändert sich auch der Blutdruck und die Blutströmung in hohem Maasse. Dieser Einfluss lässt sich auch leicht auf directe Art nachweisen. Legt man die Halsvenen blos, so sieht man, wie dieselben bei jeder Inspiration zusammenfallen, bei jeder Exspiration dagegen sich mehr mit Blut füllen. Die Erscheinung tritt besonders deutlich hervor, wenn man den Zutritt der Luft zur Brusthöhle abschliesst und dadurch den positiven sowohl wie den negativen Respirationsdruck erhöht. Die nämliche Erscheinung zeigt sich nach der Eröffnung der Bauchhöhle an der untern Hohlvene. Beim Versuche des Einathmens kann die Vene ganz zusammenfallen, beim nachfolgenden Ausathmen dagegen stark ausgedehnt werden. Ist die Vene geöffnet, so kann Luft in derselben nach der Brusthöhle hingezogen werden, in das rechte Herz und von da in die Lungenarterie dringen, so dass, wenn die Menge etwas grösser ist, der Blutumlauf durch die

Lungen gehindert und dadurch in wenigen Augenblicken dem Leben ein Ende gemacht wird.

Wirkt ein höherer Druck auf die Aussenfläche der Vene, als auf ihre Innenfläche, dann muss sie zusammenfallen und der Blutstrom muss dadurch vorübergehend hinter der collabirten Stelle aufgehalten werden. Hier wird sich dann das Blut anhäufen und unter einen höheren Druck kommen. Nennen wir den auswendigen Druck auf die Vene *a*, den negativen Druck durch Aufsaugung vor der collabirten Stelle *b*, den positiven Druck hinter der collabirten Stelle *c*, so wird die Vene sich wieder öffnen und das Blut von Neuem durchströmen lassen, wenn $c - b$ grösser wird als $b - a$. — Einer Verengerung der Jugularis durch diese Ursache ist sehr wahrscheinlich das sogenannte Nonnengeräusch an dieser Stelle zuzuschreiben. Bei der auf eine Verengerung nachfolgenden Erweiterung nämlich hört man, zumal in elastischen Röhren, ein ähnliches Geräusch, dessen Kraft allein durch die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt wird (*Heynsius*).

Es wird hierdurch klar, dass in entfernten Venen die Saugkraft des Brustkastens nicht immer wahrgenommen werden kann, ja dass selbst bei einer starken Inspiration, wodurch die Vene an einer bestimmten Stelle zusammenfällt, der Druck an deren peripherischer Seite statt abzunehmen sich erhöhen kann, wie es sich bei einzelnen Versuchen (§ 56) herausgestellt hat.

Poiseuille brachte das Manometer auch ins Centralende der Venen, um den Einfluss der Respiration auf den venösen Kreislauf kennen zu lernen, und es stellte sich heraus, dass dieser Einfluss in der Nähe des Brustkastens sich in erheblicher Weise geltend macht, in entfernteren Venen dagegen gar nicht wahrgenommen wird. Wurde die Manometerröhre durch die Jugularis bis in die Brusthöhle eingebracht, so war der negative Druck (die Adspiration) beim Einathmen immer grösser, als der positive Druck beim Ausathmen. Dies rührt ohne Zweifel von dem Widerstande der elastischen Lungen her, in dessen Folge der Druck auf die in der Brusthöhle liegenden Gefässe niedriger ist als die Spannung der Luft in den Lungen. Indessen bleibt der hohe positive Druck unerklärt, der sich beim Ausathmen herausstellte, wenn die Respiration regelmässig erfolgen konnte.

Wird das Manometer in eine Halsvene eingeführt, so ist die Adspiration ziemlich gleich stark, der Druck aber äussert sich jetzt in schwächerem Grade. Diess rührt von den Klappen her, welche

die Fortpflanzung des Drucks von der Brusthöhle aus bis zum Manometer verhindern. Daraus folgt, dass ein Druck auf die Oberfläche der in der Brust gelegnen Gefässe, der bei einer starken Exspiration stattfindet, das venöse Blut in keinem Falle weit zurücktreiben kann, und es muss daher der Mechanismus des Ein- und Ausathmens, auch abgesehen von der anhaltenden Adspiration nach dem Brustkasten hin, einen günstigen Einfluss auf den venösen Kreislauf üben.

Des Zusammenfallens und des Anschwellens der in der Nähe des Brustkastens befindlichen Venen gedenkt schon *Haller*. Später wurde diese Erscheinung unter andern von *Donders* (*Nederl. Lancet V.* 333) untersucht, im Zusammenhange mit dem höheren und niedrigeren Respirationsdrucke. Die Bewegungen des Gehirns, welches nach Eröffnung des Schädels bei jeder Exspiration sich hebt und bei jeder Inspiration sinkt, werden im Wesentlichen auch durch die Rückfuhr des venösen Bluts, nämlich durch den Einfluss der Respiration auf den Blutumlauf bedingt, worüber besonders *Berlin* (*Nederl. Lancet V.* 461) und *Donders* (Ebend. 521) nachzusehen sind. Selbst im Blutumlaufe der Netzhaut, dessen vielfache Eigenthümlichkeiten mittelst des Augenspiegels sich erkennen lassen, giebt sich nach *Donders* (Archiv f. Ophthalmologie von *Arlt, Donders* und *Gräfe*. Bd. 1. Abth. 2. S. 103) der Einfluss des Respirationsmechanismus kund.

Das Eindringen von Luft in geöffnete Venen in der Nähe des Brustkastens rührt von dem negativen Drucke in der Brusthöhle her. Auch beim Menschen hat man es nicht selten mit unmittelbar tödtlichem Erfolge wahrgenommen, besonders wenn die Jugularis eröffnet wurde. Man hört dann die Luft mit einem gewissen Geräusche eindringen. Eine Behinderung des Blutumlaufes durch Anhäufung der Luft in den Aesten der Lungenarterie, worin wir sie immer in grosser Menge vorfanden, wird dabei zur Todesursache. (*P. F. Valkenhoff, de aëris in venas ingressu ejusque effectu lethali. Schoonhaviae* 1840.) Pferde werden nicht selten durch Einblasen von Luft in die Venen getödtet; bei gesunden Lungen wird aber eine grosse Quantität hierzu erfordert, manchmal mehr als ein Liter.

Ueber das sogenannte Nonnengeräusch, welches vornehmlich am Halse gefühlt und gehört wird, sind viele Untersuchungen angestellt worden. *Heynsius* (*Nederl. Lancet, 3e Serie IV.* 20) hat mit Erfolg nach dem physikalischen Grunde desselben geforschst; auch giebt er daselbst die bezügliche Literatur vollständig an. *Corrigan* und *v. Kiwisch* hatten gefunden, dass ein derartiges Geräusch in einer hinter einer Verengerung befindlichen Erweiterung entsteht. Bei den Versuchen von *Heynsius* stellte es sich nun alsbald heraus, dass die Stärke des Geräusches nur allein durch die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt wird. Wenn nämlich aus einem Druckgefässe durch eine lange elastische Röhre eine Flüssigkeit abfliesst, so hört man das Geräusch hinter einer künstlichen Verengerung am Ende der Röhre gleich stark, wie in der Nähe des Druckgefässes. An beiden Punkten ist dann auch die Strömungsgeschwindigkeit gleich gross, während dagegen der Druck in der Nähe des Druckgefässes viel bedeutender ist und nach dem Ende der Röhre zu bis auf Null sinkt. Die Drucksäule in dem Druckgefässe übt dadurch allein einen Einfluss, dass sie auf die Strömungsgeschwindigkeit verändernd einwirkt. — *Heynsius* glaubt, das Geräusch entstehe ursprünglich in der Flüssigkeit da, wo die bekannten Wirbel sich bilden, und es werde nur durch das Mitschwingen der elastischen Wandung verstärkt. Er konnte auch das Geräusch in einer gläsernen Röhre dort hören, wo dieselbe erweitert war, nur viel schwächer. Später ist *Theodor Weber* (Archiv f. phys. Heilk. Jahrg. 14. S. 40) zu einem gerade entgegengesetzten Resultate gekommen. „Die Geräusche (sagt er), welche in Röhren wahrgenommen werden, durch welche eine tropfbare Flüssigkeit strömt, hän-

gen unmittelbar von den durch die Bewegung der Flüssigkeit erregten Schwingungen der Röhrenwände ab, keineswegs von der Reibung, welche die Flüssigkeitstheilchen unter sich erleiden.“ Als Beweis dafür wird unter andern angeführt, dass Rauhigkeiten auf der innern Oberfläche der Röhren durch die Vermehrung der Friction bewirken, dass Geräusche leichter entstehen, so dass nur eine geringe Geschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit nothwendig ist. Dieses Factum scheint uns indessen gerade das Gegentheil zu beweisen. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, dass die unmittelbar an die Wandung grenzende Schicht unbeweglich ist und folglich auch keine Reibung an derselben bewirkt. Rauhigkeiten auf der Innenfläche der Röhren veranlassen also keine Vermehrung der Friction auf deren Wänden, sondern nur das Entstehen von Wirbeln, in denen *Heynsius* gerade den wahren Grund des Geräusches findet. (Vergl. *Weisbach's* Experimentalhydraulik. S. 90 u. 91.) — *Heynsius* hat einen Apparat verfertigt, worin eine Flüssigkeit durch positiven Druck in eine zwischen einem Druckgefäss und einem Adspirator befindliche Röhre eingetrieben, durch negativen Druck aber wieder adspirirt wird. Je stärker die Adspiration im Verhältniss zum Drucke wurde, um so mehr nahm die Verengerung zu, und um so deutlicher wurde das Geräusch gehört. Man sieht leicht ein, dass hierdurch die Verhältnisse, unter denen sich die Jugularis befindet, nachgeahmt werden. Wenn wir uns dann erinnern, dass bei Anämie der positive Druck im Verhältniss zur Adspiration des Brustkastens gewiss leicht niedrig ausfällt, so scheint auch das häufigere Vorkommen dieses Geräusches bei Anämischen seine Erklärung zu finden. Ueberdiess bleibt die Verstärkung beim Einathmen fast niemals aus.

Aus dem, was über die Strömungsgeschwindigkeit in den Arterien bei der Systole und Diastole mitgetheilt worden ist (§ 41), erklärt sich das Intermittirende dieses Geräusches, wenn in der Nähe des Herzens befindliche Arterien pathologisch ausgedehnt sind.

Ueber den Widerstand der elastischen Lungen, der für den Mechanismus des Athemholens von besonderem Gewichte ist, hat bereits *Carson* (*Philos. Trans.* 1820. p. 42) Untersuchungen angestellt; später haben *Donders* (*Nederl. Lancet V.* 333) und *Hutchinson* (Art. *Thorax* in *Todd's Cyclopaedia p.* 1058) dergleichen vorgenommen, worauf wir beim Mechanismus des Athemholens kommen.

Die directen Beobachtungen über den Einfluss des Mechanismus der Respiration auf den Blutdruck in jenen nahe der Brusthöhle gelegenen Venen lehren, dass, wenn das Hämodynamometer in das centrale Ende der Vene kommt, der negative Druck beim Einathmen im Allgemeinen grösser ist, als der positive Druck beim Ausathmen, zumal bei einer verstärkten Respiration, wo die Resultate am auffälligsten sind. So fand *Poiseuille* (*Froriep's* N. Notizen 1831. Nr. 674) an der *Jugularis externa* — 90 und + 85, — 70 und + 60, — 80 und + 120, und *Magendie* fand — 75 und + 50, — 80 und + 60, — 30 und + 55, — 45 und + 90. Durch Verstärkung der Respiration, als das Thier gequält wurde, änderte sich bei *Poiseuille* das Druckverhältniss von — 70 und + 60 Quecks. in — 150 und + 120, — 250 und + 140, — 240 und + 155, — 245 und + 140 um. Als hierauf das Thier wieder ruhig wurde, stellten sich die Zahlen — 90 und + 86, — 70 und + 65, — 85 und + 60 heraus. *Magendie* (*Leçons sur les phénomènes physiques de la vie T.* 3. *p.* 201) erhielt beim ruhigen Athmen — 75 und + 50, — 80 und + 60, bei verstärktem Athmen dagegen — 120 und + 105, — 100 und + 110. — Wird das Hämodynamometer höher oben eingeführt, so dass zwischen der Brusthöhle und dem Manometer eine Klappe liegt, dann kann der positive Exspirationsdruck ganz verschwinden. So wurde bei einem Hunde (*Valentin's* Phys. Bd. 1. S. 490) — 70 und + 60, — 80 und + 55, — 75 und + 50 Mill. Quecks. gefunden, als die Manometerröhre durch die *Jugularis externa* bis in die Brusthöhle reichte; als das Instrument aber höher oben in die Jugularis kam, — 70 und — 5, — 80 und — 15, — 90 und — 10, — 75 und + 3. Indessen beobachtete *von Weyrich* (*De cordis adspiratione nonnulla. Dorpat.* 1853) das Nämliche, als bei einem Kalbe eine Röhre durch die Jugularis bis in den rechten Vorhof eingeführt und mit dem

Manometer verbunden wurde. Schwankungen von 2 — 3 Millim. Quecksilber entsprechen der Herzthätigkeit, andere von 3—5 Millim. der Respiration. Nur beim Ausathmen stieg das Quecksilber bis zum Nullpunkte. Wurde die Röhre über die Klappen der Jugularis gebracht, dann änderte sich der Stand des Quecksilbers nicht.

Valentin fand, dass der Einfluss des Respirationsmechanismus in Folge der Anastomosen sich noch zu erkennen gab, wenn das Hämodynamometer in der Nähe des Brustkastens eingeführt und nach dem Capillarsysteme hingerichtet wurde.

§ 55. Selbstständige Saugkraft des Herzens.

Die Unregelmässigkeit der Blutbewegung in den Venen hat noch einen dritten Grund, nämlich die negativen Wellen, welche nothwendig bei jeder Systole des Herzens entstehn müssen. (S. *Weber's* Schema des Blutumlaufs in § 31.) Wenn die Diastole beginnt, stürzt sich das in den Venen zunächst dem Herzen einigermaassen angehäufte Blut in die Vorhöfe und zum Theil auch unmittelbar in die Kammern, und diese mehr oder weniger plötzliche Abspannung der Venenstämme setzt sich zu den benachbarten Venen als negative Welle fort. Der Druck auf die Aussenfläche des Herzens und der grossen Gefässe in der Brusthöhle ist gleich, und wenn das Blut in den Venen während der Systole des Herzens nur eine geringe positive Spannung im Verhältniss zum negativen Drucke auf die Aussenfläche erlangen kann, so wird es sich wegen der gänzlichen Abspannung der Vorhöfe in diese stürzen und sie ausdehnen. Wir haben aber bereits früher gesehn, dass das Herz nach der Systole sich auch activ ausdehnt, sowohl wegen der Spannung seiner Wandungen, als weil durch die Kranzarterien ein Druck ausgeübt wird. Diese Ausdehnung, welche zu einer selbstständigen, von jener der Brusthöhle unabhängigen Saugkraft führen muss, wird ohne Zweifel die Kraft und die Schnelligkeit, womit das Blut ins Herz übertritt, befördern müssen, und hierdurch wird die negative Welle verstärkt.

Das Vorkommen solcher negativen Wellen ist noch vor Kurzem durch *v. Weyrich* unter *Bidder's* Anleitung untersucht worden. Bei einem Hunde wurde eine Röhre 10 bis 12 Centimeter tief in die Jugularis bis in die Nähe des rechten Vorhofs eingeführt. Wurde das andere Ende dieser Röhre in eine Flüssigkeit gebracht, so bewegte sich diese darin abwechselnd nach oben und nach unten; man unterschied dabei grosse und kleine Bewegungen, und zwar betrugen die kleinen, welche der Herzwirkung entsprachen, 4 Millimeter. Sobald die Röhre über die Klappen der Drosselvene

gebracht wurde, hörten diese Bewegungen auf. Bei einem Kalbe wurden 8 bis 10 Millim. beobachtet. — Die Resultate *v. Weyrich's* müssen unseres Erachtens ebenfalls aus der activen Ausdehnung des Herzens erklärt werden. Sie konnten aber das Bestehn der letztern nicht beweisen, weil die negative Welle, welche ausserdem bei der Diastole des Herzens wird entstehen müssen, schon Rechenschaft davon geben kann. Inwiefern bei der Zusammenziehung der Vorhöfe eine Zurückströmung durch Druckerhöhung zu den beobachteten Erscheinungen ebenfalls Veranlassung gegeben haben kann, wagen wir nicht zu entscheiden.

Bei *von Weyrich* (*De cordis adspiratione. Dorp.* 1853) findet man die auf die Saugkraft des Herzens bezügliche Literatur. Wenn wir diese Saugkraft als bewiesen annehmen, so stützen wir uns allein auf die Wahrnehmung *Brücke's* über den Einfluss des Blutdrucks in den Kranzarterien, woraus die physikalische Nothwendigkeit einer selbstständigen Saugkraft des Herzens folgt, ganz abgesehen von der Frage, ob die Oeffnungen dieser Arterien bei der Systole abgeschlossen werden oder nicht. (Vgl. § 15.)

§ 56. Blutdruck in den Venen.

Die Beobachtungen des Blutdrucks in den Venen verdienen wegen der grossen Unregelmässigkeit und der verschiedenen störenden Einflüsse viel weniger Vertrauen, als die Beobachtungen in den Arterien. Deshalb haben wir den venösen Kreislauf zuerst mehr von der theoretischen Seite betrachtet, und wollen nun die Ergebnisse der directen Beobachtungen, die für sich selbst ungenügend sein würden, prüfen und über deren wahre Bedeutung urtheilen. Dabei gedenken wir zugleich der Beobachtungsmethode.

Poiseuille brachte zuerst das Hämodynamometer nach dem Capillarsysteme hin in die Vene, wodurch der Blutstrom in dem Gefässe gehindert war. Wir haben bereits früher (§ 53) gesehen, dass aus doppeltem Grunde hierdurch ein zu hoher Blutdruck erhalten wird, wie es sich, besonders bei den Untersuchungen von *Mogk* herausstellte. Er brachte ferner das Manometer nach dem Herzen zu gerichtet in die Venen, und beobachtete hierbei, dass in jenen dem Brustkasten nahen Venen der Respirationsmechanismus einen bedeutenden Einfluss übte (Sinken auf — beim Inspiriren, Steigen zu + beim Exspiriren), wie er in den entfernteren Venen sich nicht zeigte.

Ludwig und *Mogk* benutzten das *Spengler*'sche Ansatzstück (Fig. 32) für die Arterien auch dazu, die Druckverhältnisse in den Venen zu bestimmen. Sie erhielten dadurch in der Schenkelvene

sowohl als in der Drosselvene einen negativen Druck, und erst bei Behinderung des Blutstroms trat dafür ein positiver Druck auf. Es lässt sich dieser negative Druck nur aus einer Adspiration des Thorax erklären (§ 54). — Sie nahmen dann am *Spengler*'schen Ansatzstücke eine Veränderung vor. Die durchbohrte kleine Platte *b* nämlich ersetzten sie durch ein kurzes, an der einen Seite geschlossenes Röhrchen, so dünn, dass es den Blutstrom durch die Venen nicht behinderte; in dieses konnte das Blut durch die gegen den Strom gekehrte Oeffnung eindringen, so dass sich nun der Blutdruck sowohl als die Stromkraft an dem mit dem Ansatze verbundenen Manometer darstellte. Mit diesem Instrumente wurde nur ein Druck von höchstens 10 bis 20 Millim. Quecksilber gefunden, — in der Schenkelvene und der Armvene im Allgemeinen etwas mehr als in der Drosselvene, womit auch *Volkmann's* Resultate stimmen. *Volkmann* nimmt an, der Druck werde desto geringer, je näher dem Herzen die Venen sich befinden. Der Einfluss der Respiration bringt aber darin Veränderungen hervor, welche ein sicheres Urtheil nicht gestatten.

Um zu prüfen, wie weit der Druck in den Arterien nach dem Capillarsysteme hin zunimmt, in den Venen aber nach dem Herzen zu abnimmt, bestimmte *Volkmann* den Blutdruck zuerst in zwei Arterien und gleich darauf in zwei Venen bei dem nämlichen Thiere. Wie derselbe den Blutdruck in den Venen untersuchte, das ist uns nicht recht deutlich geworden. Er erhielt aber folgende Zahlen:

1. Ziege:	*Carot. centr.* 135.	*Car. periph.* 126.	*Ven. fac.* 41.	*Ven. jug.* 18.
2. Pferd:	,, ,, 122.	,, ,, 97.	Kl. Halsv. 44.	,, ,, 21,5.
3. Kalb:	,, ,, 165,5.	*Art. metatars.* 146.	*Ven. metat.* 27,5.	,, ,, 9.

Mit dem veränderten *Spengler*'schen Ansatzstücke, wobei das Manometer mit einem Röhrchen verbunden ist, welches der Richtung des Blutstroms entgegen eingebracht wird, erhielt übrigens *Mogk* (Ueber die Stromkraft des venösen Blutes in dem Hohladersysteme, in Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3. S. 33) stets einen positiven Druck. Er fand nämlich:

Erster Hund:	Drosselvene	114—180	Millim. Salzsolution.
Zweiter ,,	,,	107—205	,, ,,
Dritter ,,	,,	43—172	,, ,,
Vierter ,,	,,	40— 80	,, ,,
Fünfter ,,	,,	94—179	,, ,,
Sechster ,,	,,	52—116	,, ,,
Siebenter ,,	,,	27—100	,, ,,
Erster ,,	Schenkelvene	332	,, ,,
Zweiter ,,	,,	150—301	,, ,,
Dritter ,,	,,	157—232	,, ,,
Dritter ,,	Armvene	160—201	,, ,,

Von besonderer Wichtigkeit ist es, dass *Ludwig* und *Mogk* mit dem unveränderten *Spengler*'schen Ansatzstücke (Fig. 32) immer einen negativen Druck in den Venen bekamen. In der Schenkelvene fanden sie einmal — 89 Millim. Wasser, ein anderes Mal — 21 Milim., in der Drosselvene — 166 Millim., und bei Behinderung des Stromes ein Steigen bis zu + 22 Millim. Um diesen negativen Druck hervorzubringen, muss die Adspiration nach dem Thorax hin stärker ausfallen, als die *vis a tergo* vom Capillarsysteme her. Wenn *Poiseuille*

in entferntern Venen, wo das nach dem Brustkasten gerichtete Manometer unmittelbar in das Gefäss befestigt war, einen Einfluss der Respiration nicht wahrnehmen konnte, so war höchst wahrscheinlich an einer Stelle zwischen dem Manometer und dem Thorax die Vene in Folge der Adspiration oder des negativen Drucks collabirt. So erhielt auch *Mogk* mit dem *Spengler*'schen veränderten Ansatzstücke bei zwei Hunden ein geringes Steigen beim Inspiriren, und ein Fallen beim Exspiriren, während die Oeffnung vom Röhrchen des Ansatzstückes nach dem Capillarsysteme gerichtet war. Es erklärt sich dies nur aus einem Zusammenfallen der Vene in der Nähe des Brustkastens während der Inspiration, wodurch die Fortbewegung des Blutes gehemmt und mithin der Blutdruck erhöht werden muss. (Vergl. § 54.)

§ 57. Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Venen und deren Verhalten zum Blutdrucke.

In den Arterien fanden wir ein bestimmtes Verhältniss zwischen dem Blutdrucke und der Geschwindigkeit des Blutstroms (§ 39). In den Venen besteht ein solches nicht wegen der Adspiration der Brusthöhle: diese kann in den Venen den Blutstrom beschleunigen, und gleichzeitig den Blutdruck vermindern. Letzterer kann daher selbst negativ sein, während das Blut gleichwohl mit grosser Geschwindigkeit durch die Venen sich bewegt. Ohne den Einfluss der Respiration würde auch in den Venen ein bestimmter Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit des Blutstroms und Blutdruck nicht fehlen.

Die Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Venen kennen wir an und für sich nicht so genau, wie in den Arterien; sicherlich ist sie aber auch viel weniger gleichmässig. Das grössere Lumen und die grössere Menge der Venen (§ 51) berechtigen uns zu dem Schlusse, dass das Blut darin im Allgemeinen viel langsamer strömt, als in den Arterien. Aus einer Arterienöffnung sah *Reil* in gleicher Zeit $2\frac{1}{2}$ Mal mehr Blut ausfliessen, als aus einer ähnlichen Oeffnung in einer Vene. *Volkmann* hat mittelst des Hämodynamometers einige Bestimmungen über die Geschwindigkeit des venösen Blutstroms gemacht; im Mittel aus 3 Beobachtungen für die Jugularis war $v = 225$ Millim. Da nun auch bei den Venen die gesammten Aeste ein grösseres Lumen als der Stamm haben, zu dem sie zusammentreten, so wird die Geschwindigkeit nach den Stämmen hin zunehmen.

Die Lungenarterien übertreffen die Lungenvenen an Geräumigkeit, und deshalb darf man auch in den letztern eine grössere Geschwindigkeit erwarten als in den erstern.

In den Hohlvenen nimmt *Haller* eine halb so grosse Geschwindigkeit an, wie in der Aorta. Dieser Berechnung liegt das Lumen der Hohlvenen, vergli-

chen mit jenem der Aorta, zu Grunde. — *Abegg* (*De capacitate arteriarum et venarum pulmonalium. Vratisl.* 1848) füllte die arteriellen und venösen Aeste der Lungen mit einem Stoffe von bekannter Dichtigkeit an, und berechnete daraus den Rauminhalt beider: auf die Arterien kam dabei ein weit grösserer Rauminhalt, und deshalb ist es wahrscheinlich, dass das Blut hier in den Venenästen geschwinder strömt. Mit grösserer Sicherheit noch lässt sich daraus schliessen, dass das Blut in den Venen eine kürzere Zeit verweilt als in den Arterien. Diese Dauer ist der Blutquantität proportional, welche zu gleicher Zeit in den beiden Systemen vorhanden ist. Da nämlich durch jedes System die gleiche Menge Blut strömt, so entspricht jene Dauer der in jedem Systeme gleichzeitig vorhandenen Blutmenge, dividirt durch das gesammte Blutquantum. Die nämliche Formel findet Anwendung beim Berechnen der Zeit, während welcher das Blut im grossen und kleinen Kreislaufe, und während welcher es in den Arterien und Venen des grossen Kreislaufs verweilt.

§ 58. Abänderung der venösen Blutbewegung durch Hindernisse.

Wir haben gesehen, dass das Blut gleichwohl nach dem Herzen hinströmen würde, wenn auch die Respiration und die Contraction der Muskeln nicht als befördernde Momente aufträten. Alsdann aber würde der Blutdruck sich auf andere Weise vertheilen. Da sich nämlich auch in den Venen ein grösserer Widerstand finden würde, so müsste bei einer langsameren Bewegung des Bluts der Blutdruck in den Arterien langsamer abnehmen, er müsste im Capillarsysteme noch etwas grösser sein, als es jetzt der Fall ist, und im Venensysteme müsste er allmählig bis auf 0 herabsinken. Nur die Adspiration nach der Brusthöhle hin macht es möglich, dass der Blutdruck in den Venen negativ wird.

Sobald die Blutbewegung in den Venen ein Hinderniss erfährt durch Comprimirung oder durch Unterbindung einiger Venen, dann stellt sich sogleich der eben geschilderte Zustand ein. Es entsteht dann in den Venen ein erheblicher Blutdruck, und weil der Blutlauf durch die ganze Gliedmasse langsamer wird, so nimmt auch der Blutdruck weniger rasch ab und ist deshalb auch in den Capillaren und in den kleinen Arterien grösser als gewöhnlich. Der Blutlauf steht aber nicht still, wenn auch nur noch durch eine einzelne Vene das Blut abfliessen kann. In dieser wird der Blutdruck alsdann sehr gross und das Gefäss dehnt sich rasch aus, wodurch die Rückkehr des Bluts schon befördert wird. So können durch mancherlei Umstände, z. B. durch eine kräftige anhaltende Muskelwirkung, einige Venen comprimirt werden. Wegen der vorhandenen Anastomosen, deren Bedeutung dann recht klar wird, dauert aber der Blutumlauf fort, nur ist der Blutdruck in den übrigen Venen und selbst im Capillarsysteme dadurch grösser geworden. Dieser erhöhte Blutdruck in den Venen giebt sich am deut-

lichsten aus der Entfernung kund, bis zu welcher das venöse Blut beim Eröffnen einer Vene fortspritzt, wenn diese vorher comprimirt wurde. — Auch lassen *Poiseuille's* hämodynamometrische Untersuchungen hierüber keinen Zweifel übrig. Wurde die Rückfuhr des venösen Bluts aus einem Beine ganz gehemmt, indem in den einzig übriggebliebenen venösen Hauptstamm das Hämodynamometer eingeführt wurde, so stieg dieses in der Vene gleich hoch, wie in der Arterie. Bleiben noch einzelne Aeste durchgängig, so tritt doch schon ein sehr bedeutendes Steigen ein, und nach dem Capillarsysteme hin und von hier aus in den Arterien nimmt es stätig zu.

In gleicher Weise wirkt die Schwerkraft. In den untern Gliedmassen z. B. kann sie, damit das Venenblut zurückkehre, einen höhern Blutdruck erfordern, und ein solcher, zugleich verbunden mit Erhöhung des Drucks in den Capillaren und den kleinen Arterien, kommt auch nothwendiger Weise zu Stande; er ist an der stärkeren Röthe eines hängenden Theils kenntlich genug.

Der stärkere Blutdruck in den Capillaren und in den kleinen Arterienästen bei einer Behinderung des venösen Blutlaufs kann eine pathologische Ausschwitzung und eine Venenausdehnung veranlassen. Nothwendiger Weise muss eine Verlangsamung der Blutbewegung in den nämlichen Theilen damit gepaart gehen.

Poiseuille behauptet, auf seine Versuche gestützt, dass der veränderte Druck in den Arterien sich durch die Respiration bis in die Venen fortpflanze. Dem wird von *Chassaignac* und von *Mogk* widersprochen, und *Poiseuille's* Beobachtungen werden aus dem Einflusse der Muskelcontraction erklärt. Halten wir fest, dass der Blutlauf in den Capillaren und in den kleinen Venen unter dem Mikroskope als ein ganz gleichförmiger sich darstellt, so wird es wenigstens höchst zweifelhaft, ob sich unter gewöhnlichen Umständen die Schwankungen durchs Capillarsystem hindurch mittheilen. Eine andere Frage ist es aber, ob zwischen dem mittlern Blutdrucke in den Arterien und den Venen kein Zusammenhang sich nachweisen lässt. *Mogk* suchte diese Frage auf experimentellem Wege zu beantworten, indem er gleichzeitig den Blutdruck in der Carotis und in der Jugularis bestimmte. Erwägen wir, dass in der Jugularis der Einfluss des Respirationsmechanismus sich schon stark zu erkennen giebt, so kann es uns nicht befremden, wenn *Mogk* einen bestimmten Zusammenhang nicht anzugeben vermochte. Theoretisch müssen wir indessen durchaus annehmen, dass in jenen Venen, worin das Blut einem positiven Drucke unterliegt, wie es sicherlich in den kleinen erweiterten Venen der Fall ist, der Druck der Wirkung des Herzens proportional sein muss, von welcher er abhängt, und also auch dem Blutdrucke in den Arterien. In jenem Abschnitte der venösen Blutbahn, worin die *vis a tergo* sich nicht mehr kund giebt, wird dies hingegen nicht der Fall sein.

Die Nothwendigkeit einer Verlangsamung des Blutlaufs, wenn in den Venen ein Hinderniss besteht, kann man aus den Formeln $H = W + F$ und $W = av^2 + bv$ leicht erschliessen. Es steigt nämlich W mit Zunahme der Coefficienten a und b, und deshalb muss v (also auch F) abnehmen, wenn $H = W + F$ bleiben soll. Werden einige Venen comprimirt und wirkt die Schwerkraft

entgegen, dann tritt dieser Fall unmittelbar ein. (*Wedemeyer*, Ueber den Kreislauf. S. 318. *Bergmann*, Art. Kreislauf in *Wagner's* Handwörterbuch S. 287 u. 289.)

Werden die Venen nicht gedrückt und wirkt die Schwerkraft nicht entgegen, dann ist der Blutdruck ganz niedrig, wie man schon deutlich daraus entnimmt, dass aus einer geöffneten Vene meistens nur ein unbedeutender Blutverlust erfolgt. Durch die zahlreichen Anastomosen zwischen den grossen Aesten bleibt der venöse Kreislauf, wie wir sahen, gesichert, ungeachtet des erwähnten Drucks. Das Bestehen dieser Anastomosen kann uns nicht befremden, wenn wir erwägen, wie leicht sie sich durch Erweiterung kleiner Aeste ausbilden, sobald der Blutlauf nur einigermaassen gehindert wird. (*Stannius*, Ueber krankhafte Verschliessung grösserer Venenstämme. Berlin 1839.) Deshalb müssen die grossen Anastomosen auch nothwendig da vorhanden sein, wo am leichtesten Hindernisse entstehen.

§ 59. Blutbewegung durch das Pfortadersystem.

Das Blut, welches durch die Venen des Magens, der Milz und des Darmrohrs zurückfliesst, sammelt sich in Einen Stamm, in die Pfortader, und diese theilt sich in der Leber von Neuem in ein Capillarsystem. Hierdurch muss nothwendig ein stärkerer Widerstand entstehen. Auch in den Nieren legt das Blut einen langen Weg durch feine Gefässe zurück. An andern Punkten findet sich wieder ein ungemein feines Capillarsystem. Es fragt sich nun, ob hier besondere Kräfte wirksam werden.

Nach der ganzen bisherigen Darstellung kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Blutbewegung in diesen Theilen auch ohne neu hinzutretende Kräfte ungestört wird von statten gehen können. Nehmen die Widerstandscoefficienten a oder b zu, so mindert sich die Geschwindigkeit v und also auch F. Für die Kraft des Herzens H hat das Kleinerwerden von F keine Bedeutung, weil der Werth von F hier fast ganz ausfällt und W beinahe $= H$ ist. In der Formel $W = av^2 + bv$ wird also W bei der nämlichen Herzthätigkeit als eine unveränderliche Grösse gelten können, und v wird kleiner werden, wenn a und b zunehmen.

In jenen Abschnitten des Gefässsystems, wo a und b grösser sind, wird mithin die Blutströmung eine langsame sein; sie wird aber auch ohne neu hinzutretende Kräfte regelmässig erfolgen. Blut oder Wasser, die unter dem gewöhnlichen Blutdrucke in die Nierenarterie gespritzt werden, fliessen (*Poiseuille* und *Mogk*) durch die Venen aus. — Auf den Blutstrom in der Leber wird die Adspiration des Brustkastens um so mehr von Einfluss sein, weil die Lebervenen nicht collabiren können und die Leber selbst unter einem hohen Blutdrucke steht.

Mit der langsamern Bewegung des Bluts in den zuführenden Gefässen der Pfortader wird sich auch eine langsamere Abnahme des Blutdrucks vergesellschaften. Dieser wird, abgesehen von der Correction für die Differenz der Geschwindigkeitshöhe, durch den annoch zu überwindenden Widerstand bestimmt. In allen Organen, deren Blut zur Leber geht, kann man also eine langsame Blutbewegung mit starkem Drucke annehmen. (*Bergmann* in *Wagner's* Handwörterbuch S. 286.) Die Gefässe der Malpighischen Nierenkörperchen werden auch unter einem hohen Drucke stehen, weil in dem feinen Gefässnetze, worin die austretende Vene sich verbreitet, noch ein grosser Widerstand zu erwarten ist. Gefässwindungen, welche diesseits des Capillarsystemes sich befinden, werden im Allgemeinen eine Abnahme des Drucks im Capillarsysteme zur Folge haben.

Fehlt es auch an besondern Kräften zur Beförderung des Blutlaufs durchs Pfortadersystem, so giebt sich doch ein bedeutender Einfluss der Respiration hierauf kund. Wir dürfen unbedenklich annehmen, dass das Blut in den Lebervenen bei der Inspiration unter einem negativen Drucke steht, während in dem nämlichen Augenblicke der Druck auf die Aussenfläche der Leber gleichwie auf alle in der Bauchhöhle liegenden Theile zunimmt, da das Zwerchfell herabsteigt und die Bauchwände sich spannen. Die Einathmung übt daher die stärkste Adspiration auf das Blut der in der Bauchhöhle befindlichen Venen. Da die Lebervenen genau mit dem Leberparenchyme verbunden sind, so können sie durch die Adspiration der Brusthöhle nicht zusammenfallen, mithin wird sich die Adspirationswirkung durch die kleinen Venenästchen, welche bereits in die grossen Stämme münden, bis zum Capillarsysteme erstrecken können. — Aber auch unabhängig von den Respirationsbewegungen ist noch eine kräftige Adspiration des Bluts aus der untern Hohlvene und aus den Lebervenen zu erwarten. Auch während einer ruhigen Exspiration wirkt auf die Aussenfläche des Herzens noch nicht eine ganze Atmosphäre (§ 17 u. 54), während der Druck in der Bauchhöhle immer mehr als eine Atmosphäre beträgt. — Unter den Kräften, durch welche das Blut aus der Leber nach dem Herzen strömt, ist auch noch der Blutdruck in der Leberarterie zu erwähnen.

Wenn in pathologischen Fällen der Blutlauf durch die Leber behindert wird, dann verbreitet sich das Hinderniss über alle jene Körpertheile, welche ihr Blut der Pfortader zusenden. Zwischen dem Pfortadersysteme und der untern Hohlvene finden sich nur ein Paar directe Verbindungsäste, welche von *Retzius* (*Müller's* Physiologie Bd. 1. S. 175) nachgewiesen wurden. Eine Erweiterung dieser Verbindungsäste tritt ebenfalls bei Störungen des Leberkreislaufs ein.

Wenn in der *Vena cruralis* meistens ein höherer Druck gefunden wurde, als in den übrigen untersuchten Venen, so rührt dies von dem höhern Drucke her, welcher von aussen auf die Gefässe der Bauchhöhle wirkt. Denn dieser Druck wird das Eintreten des Bluts in die Bauchhöhle behindern, wenn der innere Druck nicht ein höherer ist. Wahrscheinlich steht also das Blut in der untern Hohlvene unter einem verhältnissmässig hohen Drucke, der aber bei jeder stärkeren Adspiration nach der Brusthöhle dem in der Bauchhöhle auf die Aussenfläche des Gefässes stattfindenden Drucke wird nachgeben können, wobei eine locale Compression der Vene zu erwarten ist. Diese Compression haben wir sogar bei Eröffnung der Bauchhöhle wahrgenommen. (*Nederl. Lancet V.* 333.)

Fünftes Capitel.

Allgemeine Erscheinungen beim Blutumlaufe.

§ 60. Blutmenge.

Die Bestimmung der Blutmenge bei verschiedenen Thieren unterliegt grossen Schwierigkeiten. Der einfachste Weg schien der zu sein, dass man ein Thier verbluten lässt und die Menge des ausfliessenden Blutes bestimmt. Einerseits jedoch kann man einem Thiere nicht alles Blut entziehen, und andererseits findet während der Blutentziehung Aufsaugung statt, so dass auch zugleich Ernährungsflüssigkeit mit entzogen wird. Man kann aber unmöglich wissen, in wie weit hier eine Compensation stattfindet.

Deshalb hat man zur Bestimmung der Blutmenge andere Wege eingeschlagen. *Herbst* wollte die Blutmenge nach der Menge von Injectionsmasse bestimmen, welche er in das gesammte Gefässsystem einspritzen konnte. Allein es wird sehr schwer fallen, alle Gefässe zu füllen, und dann ist es unausführbar, sie gerade so stark wie während des Lebens auszudehnen; deshalb waren auch auf diesem Wege keine genauen Data zu erlangen. Er schätzte die Blutmenge des Menschen auf 10—14 Pfund.

Einen sinnreichen Weg hat *Valentin* eingeschlagen, der aber eben so wenig genügende Resultate liefern kann. Er entzieht Blut bei einem Thiere, bestimmt die Menge der festen Bestandtheile in der entzogenen Blutmenge, spritzt hierauf eine bestimmte Menge Wasser in eine Vene des Thiers, nimmt eine zweite Blutentziehung vor, deren Gehalt an festen Bestandtheilen ebenfalls wieder bestimmt wird, und nun berechnet er aus dem Einflusse, welchen die Injection einer bestimmten Wassermenge auf den Gehalt an festen Stoffen hatte, wieviel Blut im ganzen Körper vorhanden war. Im Mittel fand *Valentin* auf diesem Wege für das Blut 20 pCt. des Körpergewichts.

Wäre das Blut in undurchdringbare Röhren eingeschlossen und vermengte sich das injicirte Wasser gleichmässig mit dem Blute, dann würde diese Methode sehr genaue Resultate liefern. Es steht aber fest, dass schon binnen der wenigen Minuten, welche zur gleichmässigen Vermischung erforderlich sind, ein grosser Theil des injicirten Wassers in die Gewebe und in die Secretionen sich

verbreitet haben kann. Man findet dann den Einfluss einer bestimmten Wassermenge auf den Gehalt an festen Bestandtheilen zu niedrig und berechnet daraus eine zu grosse Blutmenge. Wir halten deshalb 20 pCt. Blut im Körper bestimmt für eine zu hohe Annahme. — Die Untersuchungen, welche *E. H. Weber* und *Lehmann* an zwei Missethätern angestellt haben, bestätigen dies. Sie bestimmten die Gewichtsdifferenz vor und nach der Enthauptung und brachten ausserdem auch noch die festen Bestandtheile des durch die Gefässe gespritzten Wassers als Blut in Rechnung, und hierbei kamen 12,5 pCt. des Körpergewichts aufs Blut.

Herbst (*Commentatio historico-critica et anat. phys. de sanguinis quantitate. Gotting.* 1822) behauptet, dass man zur Ausspritzung des ganzen Gefässsystems noch nicht 20 Pfund Injectionsmasse braucht. *E. H. Weber* berechnete nach dieser Methode 5—7 Kilogramme Blut für den erwachsenen Menschen.

Valentin's Methode (Repert. f. Anat. und Phys. 1838. Bd. 3. S. 291) stützt sich zwar auf eine recht scharfsinnige Idee, sie liefert aber auch keine zuverlässigen Resultate. Wir glauben allerdings nicht, dass zu einer gleichmässigen Mischung der eingespritzten Flüssigkeit mit dem vorhandenen Blute viel Zeit erforderlich ist. Von der Injectionsstelle aus geht die Flüssigkeit unmittelbar zum Herzen und vermischt sich hier mit dem durch die andern Venen zugeführten Blute. Die Bahnen durch die Lungen sind schon von ungleicher Länge, und so wird die Flüssigkeit bereits ziemlich gemischt zum linken Herzen zurückkehren. Geht sie nun auch noch einmal durch die grosse Blutbahn, dann wird das zum Herzen zurückkehrende venöse Blut wegen der verschiedenen Länge der Blutbahnen schon ziemlich gleichmässig mit dem Wasser gemischt sein. Bedenken wir ferner, dass die Strömungsgeschwindigkeit nach der Axe der Gefässe hin zunimmt, so müssen wir wohl schliessen, dass etwa nur die doppelte Dauer eines Blutumlaufs erforderlich ist, um eine gleichmässige Vermischung zu erzielen. Damit soll es aber nicht gut geheissen werden, wenn *Valentin* unmittelbar nach der Jnjection wiederum Blut entzog und schon eine gleichförmige Vermischung annahm. Wartet man aber einige Minuten, ehe man die zweite Blutentziehung vornimmt (und so verfuhr wahrscheinlich *Valentin*, da er das aus verschiedenen Venen entnommene Blut ziemlich gleichartig zusammengesetzt fand), so wird unterdessen schon ein grosser Theil des injicirten Wassers in die Ernährungsflüssigkeit übergetreten sein können. *Valentin* stützt sich zumeist auf seine an Hunden gewonnenen Resultate, wo er die Blutmenge im Mittel = $\frac{1}{5}$ des Körpergewichts fand. Für eine zweite Reihe von Versuchen (*Canstatt's* Jahresber. 1844. S. 169) sucht *Valentin* zu beweisen, dass sich das Wasser gleichmässig mit dem Blute vermischte: er hat jetzt immer einige Minuten verfliessen lassen und die Sache unterliegt daher keinem Zweifel. Er räumt hier selbst ein, dass bis zur vollkommen gleichmässigen Vermischung einige Minuten verflossen sein müssen. — *Veit* (*Observationum de sanguinis quantitate nuperrime institutarum recensio.* 1848) hat *Valentin's* Methode untersucht und hält sie nicht für verwerflich; allein aus seinen Versuchen ergiebt sich, wie wir glauben, die Unbrauchbarkeit derselben aufs Deutlichste. *Veit* thut zunächst dar, dass ein verhältnissmässig unbedeutender Uebertritt von Wasser in die Ernährungsflüssigkeit das Rechnungsresultat sehr bedeutend verändert, und zweitens, dass beim Einspritzen einer sehr kleinen Wassermenge rasch so viel von diesem Wasser verschwindet, dass die Berechnung mehr Blut ergiebt, als das Gewicht des Thiers beträgt. Man sieht dann auch drittens, dass die Zusammensetzung des Bluts, welches zu verschiedenen Zeiten (nach 5, 15, 25, 35, 45 oder nach $1\frac{1}{2}$, 3, 6, 9, 14 Minuten) entleert wird, sehr verschieden ausfällt, was *Veit* einer unvollkommenen Vermischung zuschreibt. An eine solche können wir aber aus den

oben angeführten Gründen nicht glauben; es müssen vielmehr andere Ursachen dabei zu Grunde liegen. In einigen Fällen sah *Veit* eine ungewöhnliche Uebereinstimmung des Blutes von der zweiten, dritten, vierten Entziehung nach vorausgegangener Wasserinjection; er nimmt an, die Vermischung sei in diesen Fällen gehörig von Statten gegangen, ohne jedoch zu erklären, warum sie in andern Fällen ausblieb, und wundert sich nur darüber, dass während so vieler Minuten, als zwischen der zweiten und dritten, zwischen der dritten und vierten Blutentleerung liegen, kein Wasser aus dem Blute war ausgeschieden worden. Gerade deshalb hält er *Valentin*'s Methode nicht für so verwerflich, und er will die erhaltenen Resultate als genaue gelten lassen, wenn bei wiederholten Blutentziehungen sich die gleiche Zusammensetzung ergiebt. — Wir sind nun der Meinung, dass diese Gleichartigkeit bloser Zufall ist, dass nämlich in allen Fällen eine ganz gleichmässige Vermischung entstanden war, dass aber zweierlei Umstände den Uebergang des Wassers in die Ernährungsflüssigkeit bestimmen, die veränderte Zusammensetzung des Bluts nämlich und der veränderte Druck, unter welchem es strömt. Wird das Blut mit Wasser geschwängert, so nimmt die Transsudation desselben zu, und wenn die Wassermenge bedeutend ist, so kommt es selbst zur Ausschwitzung in seröse Höhlen, wie *Wedemeyer* und *Günther* (*Wedemeyer's* Untersuchungen S. 364) nachgewiesen haben, und wie es *Valentin* selbst bei seinen Versuchen bisweilen gefunden hat. Das Einspritzen von Wasser und die vorausgegangene Blutentziehung sind aber auch nicht ohne Einfluss auf den Blutdruck (*Magendie, Phénomènes physiques de la vie.* 1839. *p.* 48); dieser wird dadurch erniedrigt. Dieses Sinken des Blutdrucks wird aber die Transsudation beschränken oder selbst Aufsaugung zur Folge haben, jenachdem die Blutverdünnung oder der verminderte Blutdruck sich überwiegend geltend macht. Manchmal können beide einander das Gegengewicht halten, und für diesen Fall konnte *Veit* das nach einigen Minuten entzogene Blut von gleicher Dichtigkeit finden. Nichts verbürgt uns aber, dass nicht dann bereits, alsbald nach der Injection des Wassers, ein grosser Theil des letztern in die Gewebe übergegangen ist, wodurch dann erst eine Compensation zwischen den beiden genannten Factoren eintrat. (*Woltersom* in *Nederl. Lancet, 2e Serie V.* 670.) Wenn *Kierulf* nach Wasserinjection in der ersten halben Stunde keine vermehrte Absonderung beobachtete, so können wir darum doch nicht günstiger über *Valentin's* Methode urtheilen. Wir achteten besonders auf die Zunahme der Parenchymflüssigkeit, und überzeugten uns leicht, dass diese in dem lockern Bindegewebe nach Wasserinjection reichlich stattfindet.

Nach unserer Ansicht hat demnach *Valentin* bei seinen Versuchen eine grössere Blutmenge berechnet, als sich in Wirklichkeit vorfindet; es scheint uns 20 pCt. des Körpergewichts bestimmt zu viel zu sein. Jene Menge, welche man bei verblutenden Thieren erhält, ist auch in der Regel unbedeutender. (*Schultz*, System der Circulation. S. 106.) Ein Blutverlust, der mehrere Tage lang anhält, kann freilich beim Menschen ungemein gross sein, weil in der Zwischenzeit durch Aufsaugung der Ernährungsflüssigkeit, der genossenen Speisen und Getränke die Blutmenge immer wieder ersetzt wird.

Das Verfahren von *E. H. Weber* und *Lehmann* (Lehrb. der phys. Chemie Bd. 2. S. 259) scheint für den Menschen noch die zuverlässigsten Resultate zu liefern. Der eine Missethäter wog vor der Enthauptung 60140 Gramme, und nach der Enthauptung 54600 Gramme; es waren demnach 5540 Gramme Blut ausgeflossen. Die festen Bestandtheile aus den alsdann ausgespritzten Venen gesammelt entsprachen 1980 Grammen Blut. Diess giebt zusammen 7520 Gramme Blut, d. h. $\frac{1}{8}$ des Körpergewichts. Bei den andern Versuchen wurde ein ganz ähnliches Resultat erhalten. Man wird sich also nicht weit von der Wahrheit entfernen, wenn man beim Menschen die Blutmenge auf 12,5 pCt. des Körpergewichts schätzt.

Welcker (Prager Vierteljahrsschr. 1854. Bd. 4. S. 63) suchte den gesammten Blutvorrath kleinerer Thiere durch Ausspritzen der Gefässe mit Wasser oder durch Auspressen der Gewebe in eine Blutlösung ganz beliebigen Grades zu verwandeln, und aus Farbe und Volumen dieser Lösung die Blutmenge zu

berechnen; er erhielt $\frac{1}{19}$ — $\frac{1}{12}$ des Körpergewichts. Kleinere Thiere scheinen also, gleich wie Kinder, verhältnissmässig weniger Blut zu führen. — Man hat auch ferner behauptet, Frauen hätten verhältnissmässig mehr Blut als Männer, magere Personen mehr als beleibte, jugendliche mehr als bejahrtere. Das alles sind aber ganz willkürliche Behauptungen.

Vierordt (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 10. S. 450) beabsichtigt die Frage dadurch zur Entscheidung zu bringen, dass er die Blutkörperchen in einem bestimmten Blutvolumen in einem Capillarröhrchen zählt. Wenn bei einem durch Verblutung getödteten Thiere alles Blut durch Einspritzen mit einer eiweisshaltigen Flüssigkeit entfernt wird, und in dem zuerst entleerten Blute nicht nur, sondern auch in den weiterhin entleerten Flüssigkeiten die Anzahl der Blutkörperchen bestimmt wird, so werde man die zuerst vorhanden gewesene Blutmenge daraus genau berechnen können.

§ 61. Umlaufszeit des Blutes.

Wir haben bereits gesehen, mit welcher Geschwindigkeit das Blut durch die Arterien, durch die Capillaren und durch die Venen fliesst. Eine andere Frage ist es, wie viel Zeit das Blut bedarf, um durch den grossen und kleinen Kreislauf getrieben zu werden und wiederum zu dem nämlichen Punkte zurückzukommen. Dieselbe ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil sie uns aufdeckt, wie oft das arterielle Blut in venöses und umgekehrt dieses wiederum in arterielles umgewandelt wird.

Die Blutbahnen sind nicht alle gleich lang: der Weg durch das Herzparenchym, durch den Kopf, durch die obern Gliedmassen ist kürzer als jener durch die untern Gliedmassen. Auch im Systeme des kleinen Kreislaufs kommen hierin Verschiedenheiten vor. Ferner durchläuft ein Theil des Blutes innerhalb der Leber ein zweites Capillarsystem, und sodann steigert sich die Strömungsgeschwindigkeit nach der Axe der Gefässe zu bedeutend. Daraus folgt, dass nicht das gesammte Blut, welches durch die nämliche Contraction des Herzens ausgetrieben wird, auch wieder in dem nämlichen Augenblicke zum Herzen zurückkehrt.

Die Frage über die Umlaufszeit des Blutes geht also dahin: wie viel Zeit ist erforderlich, um eine Blutmenge, welche der gesammten Blutmenge des Thieres gleich ist, herumzuführen.

Durch verschiedene Mittel hat man diese Umlaufszeit zu bestimmen gesucht. *Hering* spritzte eine Auflösung von blausaurem Kali in die Jugularis des Pferdes, fing gleichzeitig alle 5 Secunden aus einem andern Gefässe gesondert Blut auf und fand so, wie viel Zeit verfloss, bevor die eingespritzte Substanz das geöffnete Gefäss erreicht hatte. Um von der Jugularis durchs rechte Herz, durch die Lungen, durchs linke Herz und durch die Bahn des grossen

Kreislaufs bis zur Jugularis der andern Seite zu gelangen, waren 20 bis 25 oder 25 bis 30 Secunden erforderlich. Von der Jugularis bis zur *Saphena magna* verflossen 20 Secunden, von der Jugularis zur *Art. masseterica* 15 bis 30 Secunden, zur *Art. maxillaris externa* einmal 10 bis 15, ein anderes Mal 20 bis 25 Secunden, zur *Art. metatarsea* 20 bis 25, 26 bis 30, und einmal mehr den 40 Secunden. Bei kleineren Pferden und bei einem Esel war der Erfolg noch rascher. — *Poiseuille* hat diese Versuche mit ziemlich gleichem Erfolge wiederholt. Dieser macht auch auf den Einfluss aufmerksam, welchen verschiedene injicirte Stoffe auf die Geschwindigkeit des Blutumlaufs haben.

Bei einer andern Methode, die Umlaufszeit des Blutes zu bestimmen, wird davon ausgegangen, dass man die Gesammtmenge des Bluts als bekannt annimmt, desgleichen jene Menge, welche durch jede Herzcontraction ausgetrieben wird, und endlich auch die Anzahl der Contractionen binnen einer Minute. Die letztgenannte Forderung ist leicht zu erfüllen; Schwierigkeiten bietet dagegen die genaue Erfüllung der beiden ersten Punkte (§ 38 und 60). Setzen wir die Blutmasse = 12,5 pCt. des Körpergewichts, und dass bei jeder Systole in die Aorta sowohl als in die Lungenarterie eine Blutmenge getrieben wird, welche $\frac{1}{400}$ des Körpergewichts gleich kommt (*Volkmann*), dann werden 50 Pulsschläge erforderlich sein, um die Blutmenge des ganzen Körpers die Kreisbahn durchlaufen zu lassen. Bei jenen Thieren, welche einen sehr schnellen Puls haben (§ 45), wird der Blutumlauf von der kürzesten Dauer sein; — beim Menschen würde man etwa 40 Secunden zu rechnen haben. — Indessen fand *Hering*, dass eine grössere Frequenz der Herzschläge bei dem nämlichen Thiere den Blutumlauf nicht beschleunigt und *Volkmann* ist bei seinen Versuchen mit dem Hämodromometer zu dem nämlichen Resultate gekommen. Bei einer beschleunigten Contraction des Herzens scheint also, unter besondern Umständen wenigstens, durch jede Systole eine kleinere Blutmenge ausgetrieben zu werden.

Wir haben gesehen, dass *Volkmann* mittelst des Hämodromometers durch jede Systole eine grössere Menge Blut ausgetrieben werden sah, als man früherhin annahm. Als man diese Menge früher nur auf 1 bis 2 Unzen schätzte, so erhielt man, von der Gesammtmenge des Bluts ausgehend, eine viel längere Umlaufszeit von 2 bis 3 oder selbst noch mehr Minuten. Deshalb wurde auch die Richtigkeit der Resultate von *Hering's* Versuchen, wenigstens ihre Beweiskraft in Zweifel gezogen. Seitdem nun aber *Volkmann* aus seinen hämodromometrischen Versuchen die jedesmal ausgetriebene Blutmenge viel grösser gefunden hat, besteht weniger Differenz zwischen den auf directe Weise erhaltenen Zahlen von *Hering* (*Tiedemann* und *Treviranus*, Zeitschr. f. Phys. Bd. 3.

S. 85 u. Bd. 5. S. 58) und von *Poiseuille* (*Annales des Sc. nat. T.* 19. *p.* 30), und zwischen jenen Zahlen, welche mittelbar aus der gesammten Blutmenge, aus der Anzahl der Herzschläge und der bei jeder Systole ausgetriebenen Blutmenge berechnet werden. —

Nach *Hering* wird man die Umlaufszeit des Bluts kaum auf ½ Minute veranschlagen können. In einer spätern Versuchsreihe (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 12. S. 112—149) verglich er die Zeit, welche das Blutlaugensalz braucht, um von der *Arteria metatarsea* zur *Vena metatarsea* zu kommen, und es ergab sich nur ein Unterschied von ein Paar Secunden, wodurch also die Dauer der Blutbewegung durch die Capillaren und durch die kleinsten Gefässe ausgedrückt ist. *Hering* konnte übrigens bei seiner Methode aus verschiedenen Gründen eine zu grosse Geschwindigkeit finden. Zuvörderst wird durch die Blutentziehung die Geschwindigkeit des Blutumlaufs erhöht (bei gleichzeitiger Eröffnung der andern Jugularis ergab sich eine Verkürzung von 3 bis 5 Secunden); sodann haben wir aber auch gesehen, dass nicht das gesammte Blut, welches durch eine bestimmte Systole aus dem Herzen tritt, wiederum in dem nämlichen Augenblicke zum Herzen zurückkehrt. *Hering* fand nun bei seinen Versuchen jene Zeit, binnen welcher das Blut die kürzeste Bahn und zwar in der Axe der Gefässe durchlaufen hatte. Man kann annehmen, dass die in die Jugulares eingespritzte Flüssigkeit ungefähr gleichzeitig das rechte Herz und die Lungenarterie erreichte; aber schon durch die kürzeste Bahn in den Lungen wurde dann ein Theil nach dem linken Herzen geführt, von dort in die Carotis getrieben und durch einige Aeste früher, durch andere erst später den *Venae jugulares* übergeben. *Hering* bestimmte also nur das erste Auftreten.

Wollte man mit *Volkmann* annehmen, der Blutumlauf werde bei Thieren in um so kürzerer Zeit vollendet, je rascher die Herzschläge aufeinander folgen, so würde man für den Menschen nur etwas über die Hälfte der für das Pferd erforderlichen Zeit rechnen können, also nur ungefähr ¼ Minute. Ohne Zweifel ist aber dieser Zeitraum zu kurz; bei der indirecten Methode wurden, wie wir sahen, 40 Secunden gefunden.

Mit dieser ausserordentlichen Geschwindigkeit des Blutumlaufs stehen viele andere Beobachtungen im Einklange. Dahin gehört der fast urplötzliche Tod durch Blausäure, die in den Mund oder ins Auge gebracht wird (*Magendie* in den *Ann. de Chim. et de Phys. Déc.* 1817), wobei man doch nur eine Aufsaugung des Gifts und eine Fortführung zu den Nervencentren annehmen kann. Wird beim Hunde Laudanum in die Jugularis gespritzt, so verräth das Thier binnen 9 Secunden, dass jenes wahrscheinlich im Gehirne angekommen ist. Ferner gehört hierher die Thatsache, dass manche Stoffe, welche in den Magen gebracht oder ins Blut eingespritzt werden, so rasch in die ausgeathmete Luft oder in den Harn übergehn. So konnte *Tiedemann* (Zeitschr. f. Phys. Bd. 5. S. 203) den Stinkasant, welcher in den Mastdarm einer Katze gespritzt wurde, nach 4 Minuten, den ins Peritoneum eines Hundes eingebrachten Alkohol nach 3 Minuten in der ausgeathmeten Luft der Thiere wahrnehmen; Kampher, Weingeist, Terpentinöl und ächnliche flüchtige Stoffe, welche in die Schenkelvene eingespritzt wurden, roch man nach wenigen Secunden in der ausgeathmeten Luft, — und nach Injection von phosphorhaltigem Oele entweichen, wie wir auch selbst beobachtet haben, schon nach wenigen Secunden weisse Dämpfe aus den Lungen u. s. w. Auch die Versuche *Westrumb's* (*Meckel's* Archiv f. Phys. Bd. 7. S. 538) an Thieren, *Stehberger's* (*Tied.* u. *Trevir.* Zeitschr. f. Phys. Bd. 2. S. 47) und *J. A. Mulder's* (*Ned. Lancet.* 2e *Serie I.* 611) bei Menschen mit *Extrophia vesicae*, worauf wir bei der Harnabsonderung zurückkommen, haben gelehrt, wie rasch verschiedene Substanzen im Magen aufgesaugt, durch die Leber zum Herzen, und dann durch die Lungen und durch die Aorta nach den Nieren geführt werden, wo sie austreten und durch die Harnleiter in die Blase gelangen. *Mulder* nahm das Jodkali manchmal schon nach 5 Minuten wahr, wenn 6 Gran davon in Wasser gelöst getrunken worden waren. Wenn viel Wasser getrunken wurde, so zeigte sich schon nach 2 bis 3 Minuten in der Umgebung der Uretermündungen Bewegung, woraus man entnehmen konnte, dass die

vermehrte Absonderung in den Nieren schon angefangen hatte. In dieser kurzen Zeit muss also nicht nur der Blutumlauf vollendet sein, sondern es muss auch die Aufsaugung und die Absonderung stattgefunden haben.

§ 62. Einfluss der Blutentziehung auf den Blutumlauf.

Blutentziehungen üben einen grossen Einfluss auf den Blutumlauf aus, und mittelbar hierdurch auf alle Verrichtungen. Jede Blutentziehung veranlasst eine Abnahme des Bluts in allen Körpertheilen. Eine Folge dieser Blutabnahme ist verminderte Kraft des Herzens und dadurch ein langsameres Strömen des Bluts unter einem geringeren Drucke. Durch die Verminderung des Blutdrucks wird das Gleichgewicht zwischen Blut und Ernährungsflüssigkeit aufgehoben und es erfolgt eine Resorption der letztern; diese Resorption bedingt aber eine veränderte Znsammensetzung des Bluts, die sich, verbunden mit der Veränderung des Blutdrucks und der Strömungsgeschwindigkeit, in allen Verrichtungen kund giebt.

Die Blutabnahme wird sich, weil die Herzthätigkeit geändert ist, bald über alle Körpertheile erstrecken. Sobald das Blut unter einen geringeren Druck kommt, sind die Arterien weniger ausgedehnt und dadurch nimmt die Blutmenge im Arteriensysteme ab.

Wird die Herzwirkung in hohem Grade unterdrückt, dann nimmt das Blut hauptsächlich im Arteriensysteme ab; bei einem schwächern Einflusse auf die Herzwirkung wird sich die Blutabnahme besonders in den Venen kund geben. Im Gehirne und am Rückenmarke, deren Höhlen einer Raumveränderung nicht fähig sind, kann es zu keiner Blutabnahme kommen, es müsste denn der *Liq. cerebro-spinalis* an Menge zunehmen, und man hat deshalb die Abnahme des Bluts in ihnen bezweifelt. Es ist aber erwiesen, dass sie auch hier, wenngleich langsam, eintritt.

Der verminderte Blutdruck hat sich durch directe Versuche herausgestellt. Bringt man das Hämodynamometer in eine Arterie, so sieht man das Quecksilber in dem Maasse sinken, als man Blut entzieht. Dieses Sinken erfolgt aber nicht gleichmässig, weil auch die Kraft der Herzwirkung nicht gleichmässig abnimmt, und so oft man die Blutentziehung unterbricht, hebt sich das Quecksilber wieder um ein Paar Millim. Während der Blutentziehung nimmt der Druck hauptsächlich in jenen Gefässen ab, welche das Blut nach dem Orte der Extraction führen. — *Volkmann* hat die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit nach Blutentziehungen auch auf experimentellem Wege nachgewiesen.

Wenn der Blutdruck abnimmt, dann wird diese Abnahme sich weniger wirksam auf die Ernährungsflüssigkeit äussern, weil diese durch den Tonus der Gewebe, durch die verschiedenen elastischen Membranen der Zellen, der Röhren u. s. w. ebenfalls schon unter einem bestimmten Drucke steht. Es kommt demnach zur Aufsaugung der Ernährungsflüssigkeit. Diese Aufsaugung bewirkt aber wiederum eine Zunahme der Blutmenge, so dass auch der Blutdruck bald wieder zunimmt. Gerade durch den grössern Wassergehalt, welchen das Blut alsbald nach Blutentziehungen zeigt, wird die vermehrte Aufsaugung am Bestimmtesten bewiesen.

Wird die Blutentziehung bis zum Tode fortgesetzt, so beobachtet man successiv folgende Erscheinungen: Blässe der Haut, Abnahme der Temperatur, Erschlaffung der Muskeln, Neigung zu Ohnmachten mit stets abnehmender Kraft des Herzens, wirkliche Ohnmacht mit Verlust des Bewusstseins, krampfhafte Zuckungen, Scheintod, Tod. Eine verhältnissmässig unbedeutende Blutentziehung veranlasst, ausser dem Blasswerden, schon ein Sinken der Temperatur und eine Abnahme des Tonus in den contractilen Theilen, zumal bei aufrechter Stellung, bis zur Ohnmacht. Alle diese Erscheinungen gehen vom geminderten Stoffwechsel aus, einer Folge der geminderten Blutzufuhr wegen des trägeren Blutumlaufs, wobei aber auch der geminderte Blutdruck und die geänderte Blutmischung nicht ohne Einfluss sind.

Da der verminderte Blutdruck zur Resorption führt, so nimmt die Thätigkeit des Herzens wiederum zu und die Ohnmacht kann von selbst vergehen. Ist das Gleichgewicht zwischen Blut und Ernährungsflüssigkeit wieder hergestellt, dann bemerkt man gewöhnlich verstärkte Hautausdünstung. Durch die Abnahme der Ernährungsflüssigkeit entsteht Durst, durch das Getränk wird das Blut vermehrt und verdünnt, und weiterhin auch die Ernährungsflüssigkeit. Die Abnahme der Blutkörperchen hat eine Zunahme der oxydirten Proteinverbindungen zur Folge. Alle Erscheinungen deuten noch eine Zeit lang auf einen langsamern Stoffwechsel hin, der erst durch hinreichende Zufuhr von Nahrungsstoffen zur frühern Höhe sich erhebt. Am langsamsten erfolgt die Restauration der Blutkörperchen. Die farblosen nehmen zwar rasch an Menge zu, doch bilden sich die gefärbten nur langsam aus diesen.

Kelly (*Med. chir. Transactions of Edinb. Vol.* 1) liess Thiere durch Verblutung sterben, und obwohl er dabei mehrmals eine Abnahme der Blutquantität im Gehirne beobachtete, so hat seine Darstellung dennoch zu der Annahme geführt, als hätten Blutentziehungen keine Verminderung der Blutmenge im

Gehirne zur Folge. *Abercrombie* (Krankheiten des Gehirns u. s. w.), *Bergmann* und besonders *Hamernjk* (Prager Vierteljahrsschr. 1848. Bd. 1. S. 38) haben diese Theorie vertheidigt. Durch die Untersuchungen von *Burrows* (Beobachtungen über Krankh. des cerebralen Kreislaufs. Leipz. 1847) ist die Unrichtigkeit dieser Vorstellung nachgewiesen worden, und *Berlin* (*Nederl. Lancet V.* 461) hat die Versuche von *Burrows* bestätigt und erweitert: bei Minderung des Blutdrucks durch Verblutung war das Gehirn der Thiere blutlos; bei Erhöhung des Blutdrucks im Gehirne durch Compression der Halsvenen erschien das Gehirn blutreich. Im erstern Falle entsteht Ausschwitzung, im zweiten Resorption von Ernährungsflüssigkeit, was sich aus den veränderten Druckverhältnissen des Bluts in den Capillaren und der Hirnrückenmarksflüssigkeit erklärt. Eine Blutverminderung in den Gefässen der *pia mater* durch Blutentziehungen, und eine Blutzunahme durch Druck der Halsvenen beobachtete *Donders* (*Ned. Lancet V.* 521) unmittelbar, als er bei Kaninchen ein Stück des Schädeldachs aussägte und dasselbe durch ein gläsernes Plättchen ersetzte.

Dass der Blutdruck durch Blutentziehungen abnimmt, hat sich aus den Versuchen von *Hales*, von *Magendie* (*Phénomènes physiques de la vie.* 1839. *p.* 83—121), von *Bouchut* (*Traité des signes de la mort.* 1849. *p.* 72), von *Woltersom* (*Ned. Lancet V.* 652) und *Volkmann* (Hämodynamik S. 197 u. 227) herausgestellt. *Magendie* brachte das Hämodynamometer bei zwei Hunden in die rechte Carotis. Dem einen wurde die *Carotis sinistra* geöffnet und es wurde wiederholt Blut daraus entleert und in die *Jugularis* des andern Hundes eingespritzt. Beim letztern wurde kein stärkerer Blutdruck in der Arterie beobachtet, woraus erhellt, dass ein solcher durch eine grössere Blutmenge nicht nothwendig entstehen muss. Bei dem ersten sank der Blutdruck nach der ersten Entleerung von 4 Unzen von 65—95 Millim. auf 70—80 Millim. Quecksilber, nach der zweiten Entleerung auf 60—80 Mill., nach der dritten auf 50 bis 75, nach der vierten auf 25—50, und zuletzt auf 20—25 Millim. Bei einem andern Hunde wurde das Hämodynamometer in die *Art. cruralis* gebracht, und zugleich eine Spritze, welche ⅜ Pfund Flüssigkeit fassen konnte, in die Carotis. Das Hämodynamometer zeigte 63 bis 75 Millim. und sank auf 50 bis 55, als die Spritze zur Hälfte mit Blut gefüllt wurde; nach erfolgtem Wiedereinspritzen stieg es zur vorigen Höhe zurück. Als die Spritze ganz gefüllt wurde, sank das Quecksilber auf 20 bis 27, und nach dem Wiedereinspritzen kehrte es ebenfalls wieder zur vorigen Höhe zurück.

Woltersom (a. a. O. S. 681), der unter *Donders* Leitung seine Versuche anstellte, führte das Hämodynamometer in die Carotis ein und liess aus der geöffneten *Art. cruralis* Blut abfliessen. Das Quecksilber sank immer während der Blutentziehung, und stieg gleich darauf wieder etwas. Es wurde zugleich der Gehalt des Blutes an festen Bestandtheilen bestimmt, um den Zusammenhang zwischen Blutdruck und Aufsaugung nachzuweisen.

Versuche.	Verflossene Zeit.	Blutdruck in Millim.		Procentige feste Blutbestandtheile.
1.	0 Minuten.	Primitiver Stand	90—106	21,7
		Sank nach der Blutentziehung auf	49—55	
2.	6 Minuten.	Vor der Entziehung gestiegen auf	60—61	20,4
		Sank nach der Entzieh. auf	40	
3.	12 Minuten.	Vor der Entziehung gestiegen auf	46—50	19,2
		Sank nach der Entzieh. auf	40	
4.	20 Minuten.	Vor der Entz. gestiegen auf	42	18,6
		Sank während der Entz. auf	37	
		Hob sich dann bald wieder auf	40	

Volkmann (a. a. O. S. 227) bestimmte bei einem Hunde gleichzeitig den Einfluss der Blutentziehungen auf die Verminderung des Blutdrucks und auf die Strömungsgeschwindigkeit, und fand:

Menge des gelassenen Bluts.	Zahl der Pulsschläge.	Blutdruck.	Geschwindigkeit des Blutstroms für 1 Secunde.
0	120	2106	280 Millimeter.
54 Gramme.	132	1957	259 „
79 „	—	1728	187 „
86,5 „	186	756	88 „
76 „	—	405	48 „

Man ersieht hieraus, dass der Blutdruck minder rasch abnimmt, als die Strömungsgeschwindigkeit. Dies kommt von der Verengerung, welche das Arteriensystem durch die Blutentziehung erfährt: bei gleichem Blutdrucke würde die Strömungsgeschwindigkeit hierdurch schon abgenommen haben. Eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit durch Blutentziehung ermittelte *Volkmann* (S. 197) auch aus der Menge des abfliessenden Bluts. In der Regel nimmt die Frequenz der Herzschläge (beim Pferde und Hunde) während der Blutentziehung zu. Was den Blutumlauf im Ganzen betrifft, so fand *Hering*, dass mässige Blutentziehungen auf die Geschwindigkeit desselben keinen Einfluss üben, dass ihn aber sehr starke Entziehungen verlangsamen oder verkürzen können. — Die ungleichmässige Verminderung des Blutdrucks durch Blutentziehungen ergiebt sich besonders aus einem Versuche, den *Hales* an einem Pferde anstellte. (S. *Volkmann's* Hämodynamik S. 477.)

Ueber die Aufsaugung durch Minderung des Blutdrucks wird in der Allg. Phys. gehandelt. Dieselbe findet wegen der veränderten Blutmischung statt. Wir entnehmen sie auch aus den rascheren Vergiftungserscheinungen, welche *Magendie* (Handb. d. Phys. übersetzt von *Heusinger*. 1836. Bd. 2. S. 233) nach Blutentziehungen beobachtete, wenn Gifte in seröse Höhlen gebracht waren. — Ueber die veränderte Zusammensetzung des Blutes nach Blutentziehungen, über deren Einfluss auf die verschiedenen Verrichtungen und über die Rückkehr zur Integrität sind besonders *Woltersom* (*Onderzoekingen over den invloed van bloedonttrekkingen ob het gezonde ligchaam*), so wie *Marshall Hall* (Ueber Blutentziehung. Berlin 1837) zu vergleichen. Untersuchungen über den Einfluss der Blutentziehung auf die Mengenverhältnisse der Blutkörperchen haben wir von *Vierordt* (Archiv f. phys. Heilk. Jahrg. 13. S. 259).

§ 63. Beziehung des Blutumlaufs zu andern Verrichtungen.

Andauernde Bewegung des Bluts ist eine Bedingung des Lebens. Nur allein unter der Einwirkung des Bluts wird der Stoffwechsel in den verschiedenen Geweben unterhalten, wodurch die Lebenserscheinungen möglich sind. Hält man durch Unterbindung der grossen Arterienstämme die Blutzufuhr von den Körpertheilen ab, so werden die Lebensverrichtungen in diesen unterdrückt. Unterbindung der Aorta unterhalb der Nierenarterien hebt das Gefühl und die Contractilität in den hintern Extremitäten des Thieres auf, und dem aufgehobenen normalen Stoffwechsel folgt alsbald eine Steifheit ihrer Muskeln nach. Lässt man dann wiederum Blut

zuströmen, so kehren Sensibilität und Contractilität zurück und die Leichenstarre im Gliede verschwindet. Selbst mehrere Stunden nach dem Tode, wenn die Todtenstarre bereits längere Zeit eingetreten ist, genügt das Einspritzen arteriellen Blutes, um sie verschwinden zu machen und die Muskelcontractilität schnell wiederum herzustellen. Wird venöses Blut in die Carotiden eingespritzt, dann stürzt das Thier plötzlich nieder wegen Aufhebung des Stoffwechsels in den Nervencentren. Es genügt demnach nicht, dass Blut in den verschiedenen Geweben vorhanden ist, es muss auch das durch den Austausch mit der Ernährungsflüssigkeit veränderte Blut fortwährend durch neues Arterienblut ersetzt werden. Der Blutumlauf verwirklicht diese Bedingung, da die Respiration, wodurch die Umwandlung des Venenbluts in Arterienblut erfolgt, ebenfalls an das Bestehen des Blutumlaufs geknüpft ist. Die Aufhebung des Blutumlaufs hat also ein Aufhören der Respiration und des Stoffwechsels zur Folge, und damit schwinden alle auf dem Stoffwechsel beruhenden Lebenserscheinungen.

Die für den Blutumlauf thätigen Kräfte wirken nicht allein auf die Fortbewegung des Blutes, sie haben auch auf den Austausch zwischen Blut und Ernährungsflüssigkeit und auf die Fortbewegung der Lymphe Einfluss. Schon früher sahen wir, dass die Gefässe bei ihrer Elasticität nicht den ganzen Blutdruck tragen. Sie würden stärker ausgedehnt werden, wenn sie nicht durch die umgebenden Theile gestützt wären. Es wirkt deshalb ein Theil des Blutdrucks auf die Gewebe und auf die Ernährungsflüssigkeit, womit sie getränkt sind. Bei jeder Systole des Herzens dehnen sich dann auch die Arterien nicht proportional dem höhern Blutdrucke aus (§ 42); es kommt also auch die Ernährungsflüssigkeit in den Geweben bei jeder Herzcontraction unter einen höhern Druck, ohne dass das Blut in den Capillaren eine Veränderung erleidet. Dies hat zur Folge, dass bei jeder Systole die Bestandtheile der Ernährungsflüssigkeit leichter in die Capillaren zurücktreten, und dass bei jeder Diastole der Uebertritt von Blutbestandtheilen in die Ernährungsflüssigkeit befördert wird. Ein rascherer Stoffwechsel scheint hierdurch hervorgerufen werden zu müssen. — Die nämlichen Druckveränderungen, denen die Ernährungsflüssigkeit in Folge der Herzcontractionen unterliegt, müssen auch die Lymphgefässe treffen; es wirkt dieser Druck auf sie ähnlich, wie die Muskelcontraction auf die Venen. Die Bewegung der Lymphe muss dadurch befördert werden, da bei der Menge von Klappen in den Saugadern

jeder Druck nur die centripetale Bewegung der enthaltenen Flüssigkeit unterstützen kann.

Endlich müssen wir auch noch darauf aufmerksam machen, dass die Kraft des Herzens fast ganz als Widerstand verbraucht wird. Die Reibung des Blutes, wodurch die Treibkraft aufgehoben wird, muss Wärme entwickeln und zwar in einer der Reibung entsprechenden Proportion. So sehen wir, dass der Stoffwechsel im Herzen Muskelcontraction veranlasst, wodurch die Treibkraft des Blutes zu Stande kommt und dass diese Treibkraft durch Friction in Wärme umgewandelt wird.

Ueber die Beziehung des Blutumlaufs zu den übrigen Verrichtungen und wie bei Hindernissen im Blutumlaufe die übrigen Verrichtungen modificirt werden und allmählich aufhören, vergl. *Bichat, Recherches sur la vie et la mort,* und *Ontyd, Diss. de morte,* 1794. Ferner gehören hierher die Untersuchungen *Reid's* über die Reihenfolge, in welcher die Lebensverrichtungen bei Asphyxie stillstehen, in *Edinb. med. and surg. Journ. April* 1841, so wie in den *Phys., anatom. and pathological Researches. Edimb.* 1848. *p.* 17.

Ueber den Einfluss, welchen die Blutzufuhr zum Muskelsysteme auf das Contractionsvermögen der Muskeln und auf die Irritabilität der Nerven übt, sind viele Untersuchungen angestellt worden, von denen in der Allg. Phys. ausführlicher die Rede sein wird. S. *A. von Humboldt,* Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. 1797. Bd. 2 S. 263. *Kay, Treatise on Asphyxia. Lond.* 1834. *Ludwig* und *Hoffa* in der Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9. S. 185. *Brown-Séquard* in den *Comptes rendus.* 25. *Juin* 1851. *Stannius* im Archiv für phys. Heilk. Jahrg. 11. S. 1. Von besonderer Bedeutung ist in dieser Beziehung *Kussmaul,* Untersuchungen über den Einfluss, welchen die Blutströmung auf die Bewegungen der Iris und anderer Theile des Kopfes ausübt. Würzburg 1855.

Auf den veränderlichen Druck der Ernährungsflüssigkeit in Folge der Herzcontraction und der Respirationsbewegungen, auf den daraus hervorgehenden rascheren Stoffwechsel, im Gehirne zumal, und auf die Fortbewegung der Lymphe ist durch *Donders,* durch *Berlin,* durch *Woltersom* (*Nederl. Lancet V.* 521 u. 661) aufmerksam gemacht worden. Vergl. auch *Noll* in der Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9. S. 90. Bedeutend sind in dieser Beziehung die Beobachtungen und Versuche über den Blutumlauf im Auge, der mittelst des Augenspiegels zum Theil während des Lebens beobachtet werden kann. (*Donders* im Archiv f. Ophthalmologie. Bd. 1. Heft 2. S. 75.) Sobald durch einen Druck auf den Augapfel der arterielle Blutumlauf gestört wird, schwindet das Sehvermögen fast gänzlich.

Zweiter Abschnitt.

Die Bildung des Blutes.

A. Die Verdauung.

Reaumur, *Mémoires de l'Academie des Sciences. An* 1752. *p.* 705—752.
Spallanzani, *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile. Modena* 1780.
Leuret et Lassaigne, *Recherches physiologiques et chimiques, pour servir à l'histoire de la digestion. Paris* 1825.
Tiedemann und *Gmelin*, Die Verdauung nach Versuchen. 2 Bände. 2. Ausg. Heidelberg 1831.
Eberle, Physiologie der Verdauung nach Versuchen auf natürlichem und künstlichem Wege. Würzburg 1834.
Blondlot, *Traité analytique de la digestion. Nancy* 1843.
Frerichs, Art. Verdauung in *Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 3. Abth. 1. S. 658. 1846.
Bidder und *Schmidt*, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau u. Leipzig 1852.

§ 64. Begriff und Eintheilung der Verdauung.

Durch die Verdauung lernen wir die Veränderungen kennen, denen Speisen und Getränke unterliegen, bevor sie durch Aufsaugung wirkliche Bestandtheile des Organismus werden. Sie beginnt in der Mundhöhle, worin die festen Substanzen durch Kauen zertheilt und mit dem alkalischen Speichel, so wie mit den übrigen in der Mundhöhle abgesonderten Flüssigkeiten vermengt werden. Durch einen zusammengesetzten Mechanismus werden die Getränke und die gekauten Speisen verschluckt, und zwar werden sie willkürlich dem Schlunde übergeben, von hier an aber gelangen sie unwillkürlich in den Magen.

Unter Mitwirkung der bereits beigemengten Flüssigkeiten, vorzüglich indessen durch Einwirkung des abgesonderten sauern Magensaftes erleiden die Speisen im Magen eine Umänderung: die löslichen werden gelöst und die nichtlöslichen werden schon zu einem grossen Theile in lösliche umgewandelt. Der saure Brei, welcher auf diese Weise im Magen sich bildet, wird Speisebrei oder Chymus genannt. Sobald dieser den Magen verlässt, vermengt er sich sogleich mit der durch die Leber abgesonderten Galle und mit dem von der Bauchspeicheldrüse kommenden pankreatischen Safte, die sich beide nahe dem Magen in den Zwölffingerdarm ergiessen, und im Fortschreiten auch noch mit *Liquor entericus*, der in das Darmrohr abgeschieden wird. Durch Einwirkung dieser

Flüssigkeiten erleiden die Bestandtheile des Chymus noch weitere Veränderungen und werden aufgelöst.

Schon vom Anfange des Verdauungskanales an werden die aufgelösten Bestandtheile zugleich mit den Flüssigkeiten aufgesaugt, zu einem kleineren Theile in der Mund- und Rachenhöhle, zum grössern Theile wahrscheinlich im Magen. Die Hauptorgane für die Aufsaugung sind jedoch die dünnen Gedärme. Was in die dicken Gedärme übertritt, das ist denn auch grossentheils unaufgelöst und unauflöslich und tritt mit dem Kothe aus dem Körper aus.

Demnach wird man bei der Verdauung folgende Acte oder Stadien unterscheiden können: 1) die Ergreifung oder Einführung (*Prehensio*); 2) das Kauen (*Masticatio*); 3) die Mischung des Eingeführten mit Speichel und mit den übrigen Mundhöhlenflüssigkeiten (*Insalivatio*); 4) das Schlucken (*Deglutitio*); 5) die Bildung des Speisebreis (*Chymificatio*); 6) die Bildung des Chylus (*Chylificatio*); 7) die Bildung des Koths (*Copropoësis*); 8) die Kothentleerung (*Excretio faecum*).

Ein Theil dieser Verrichtungen erfolgt auf eine rein mechanische Weise; auch im Verdauungskanale kommen noch mancherlei Bewegungen vor, die sich auf das Mechanische der Verdauung beziehen. Es scheint uns zweckmässig, diese Bewegungen am Schlusse abgesondert zu betrachten, um nicht die chemischen Veränderungen abzubrechen, denen die Bestandtheile der Nahrung durch die verschiedenen Verdauungsflüssigkeiten unterliegen. Deshalb werden wir der Reihe nach betrachten:

1) Verdauung durch die Flüssigkeiten der Mundhöhle.
2) Verdauung durch die Magenflüssigkeit.
3) Verdauung durch die Flüssigkeiten in den dünnen Gedärmen.
4) Verdauung durch die Flüssigkeiten in den dicken Gedärmen.
5) Mechanismus der Verdauung.

In Verbindung mit den Flüssigkeiten und mit deren Wirkung werden die Apparate zu ihrer Absonderung und die Art und Weise der Absonderung beschrieben werden.

Erstes Kapitel.

Verdauung durch die Flüssigkeiten der Mundhöhle.

Sam. Wright, *On the Physiology and Pathology of the Saliva. Lond.* 1843. (Deutsch in *Eckstein's* Handbibliothek des Auslandes u. s. w. Wien 1842 u. 1844.)
Jacubowitsch, *De saliva. Mitaviae* 1848.

§ 65. Schleimhaut der Mundhöhle und Epithelium.

Die Mundhöhle wird von einer Schleimhaut bekleidet, welche an einigen Stellen Balgdrüsen (*Glandulae folliculares*) enthält, und auf deren Oberfläche jene Flüssigkeiten sich ergiessen, welche von vielen kleineren und grösseren Drüsen abgesondert werden. Die wichtigsten unter diesen Drüsen sind die Speicheldrüsen; daneben kommen die Lippen-, Backen- und Zungendrüsen nebst den Mandeln in Betracht. Wir betrachten demnach der Reihe nach: 1) die Schleimhaut; 2) die Balgdrüsen; 3) die absondernden Drüsen, deren Secretum in die Mundhöhle tritt.

Die Mundhöhlenschleimhaut, eine unmittelbare Fortsetzung der äussern Haut, erinnert noch an das Gewebe dieser letztern durch einen besondern Reichthum an Gefässen und Nerven, durch zahlreiche Gefühlswärzchen und durch das dicke sie bedeckende Pflasterepithelium; sie unterscheidet sich indessen davon durch ihr mehr lockeres Gewebe. Die Schleimhaut hat 0,1—0,2 Lin., im Mittel 0,15 Lin. Dicke. Das Bindegewebe ist mit vielen elastischen Fasern (atrophischen Zellen), mit Blutgefässen, Lymphgefässen und Nerven durchwebt. Ueberall erheben sich kleine und schmale kegelförmige Wärzchen auf ihrer Oberfläche, welche dicht bei einander stehen und im Mittel 0,17—0,18 Lin. hoch sind. In dieselben dringen aus den oberflächlichen Gefässen Capillargefässschlingen in einfacher oder mehrfacher Anzahl, und in einzelnen bemerkt man auch Nerven.

An der Aussenseite geht die eigentliche Schleimhaut mit mehr oder weniger scharfer Abgrenzung in das unterliegende Bindegewebe (*Stratum submucosum*) über, worin im Allgemeinen die Bindegewebsfasern deutlicher, die elastischen Fasern dagegen sparsamer vorkommen, als in der eigentlichen Schleimhaut. Dieses *Stratum submucosum* ist an einigen Stellen (Boden der Mundhöhle, *Frenula*) dünn, ausdehnbar und sehr gefässreich, es zeichnet sich an den Lippen, den Wangen und am weichen Gaumen durch Reich-

thum an Drüschen und an Fettgewebe aus, und am Zahnfleische, so wie am harten Gaumen stellt es ein festes, faseriges Gewebe dar, welches mit der Schleim- und Beinhaut sehr eng verbunden ist.

Das Epithelium stellt ein permeables, durchscheinendes, biegsames, nur wenig elastisches Häutchen dar, das sich durch Maceration isoliren lässt. Seine Dicke beträgt 0,1 bis 0,2 Lin., und den Wärzchen gegenüber ist es nur wenig hervorragend, vielmehr zwischen denselben am dicksten. Es besteht ausschliesslich aus kernhaltigen, mehr oder weniger eckigen Zellen (Fig. 48), die nach der freien Oberfläche hin allmählich grösser und mehr abgeplattet werden. In der Schicht, welche unmittelbar an die Schleimhaut grenzt, finden sich längliche Zellen, die mit ihrer Längsaxe senkrecht auf der Schleimhaut stehen. Darauf folgen mehrere Schichten rundlicher, vieleckiger Bläschen von 0,004 bis 0,005 Lin. Durchmesser, an deren Stelle nach aussen allmählig grössere, mehr eckige und platte Zellen treten, die oberflächlichsten von 0,02 bis 0,036 L. Durchmesser. In den Zellen der mittlern Schichten sind die Kerne am grössten, deutlich bläschenartig und mit einem oder mit zwei Kernkörperchen versehen, die in den Kernen der tiefsten und der oberflächlichen Schichten häufig fehlen. Nur in den tiefsten Schichten konnten wir eine geringe Menge einer verbindenden Zwischensubstanz wahrnehmen. Durch Alkalien bekommen die Zellen eine sphäroidische Gestalt (Fig. 49), und ihr Inhalt nebst dem Kerne löst sich endlich auf, ohne dass noch die Zellenmembran verschwindet. Die Reactionen des Inhalts sind ganz jene der Proteinverbindungen. In wie

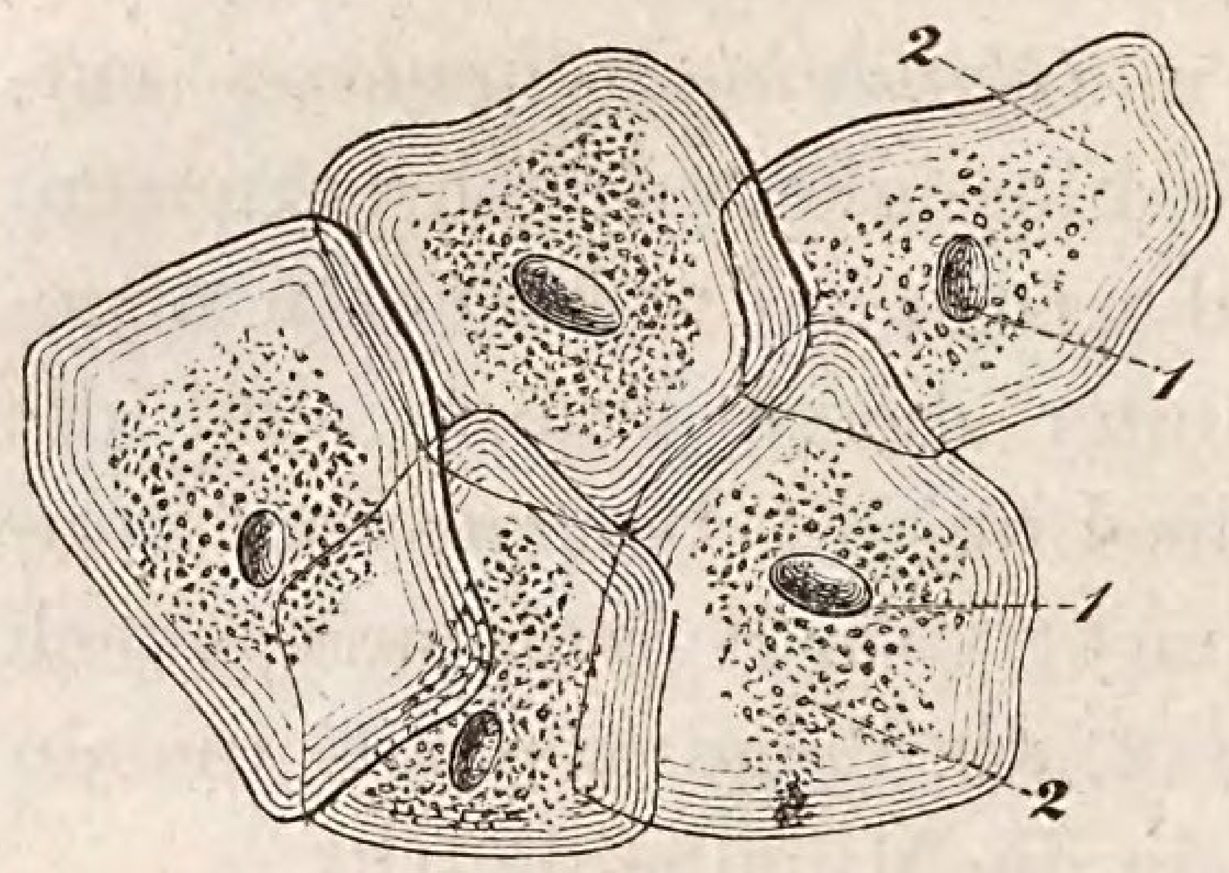


Fig. 48.

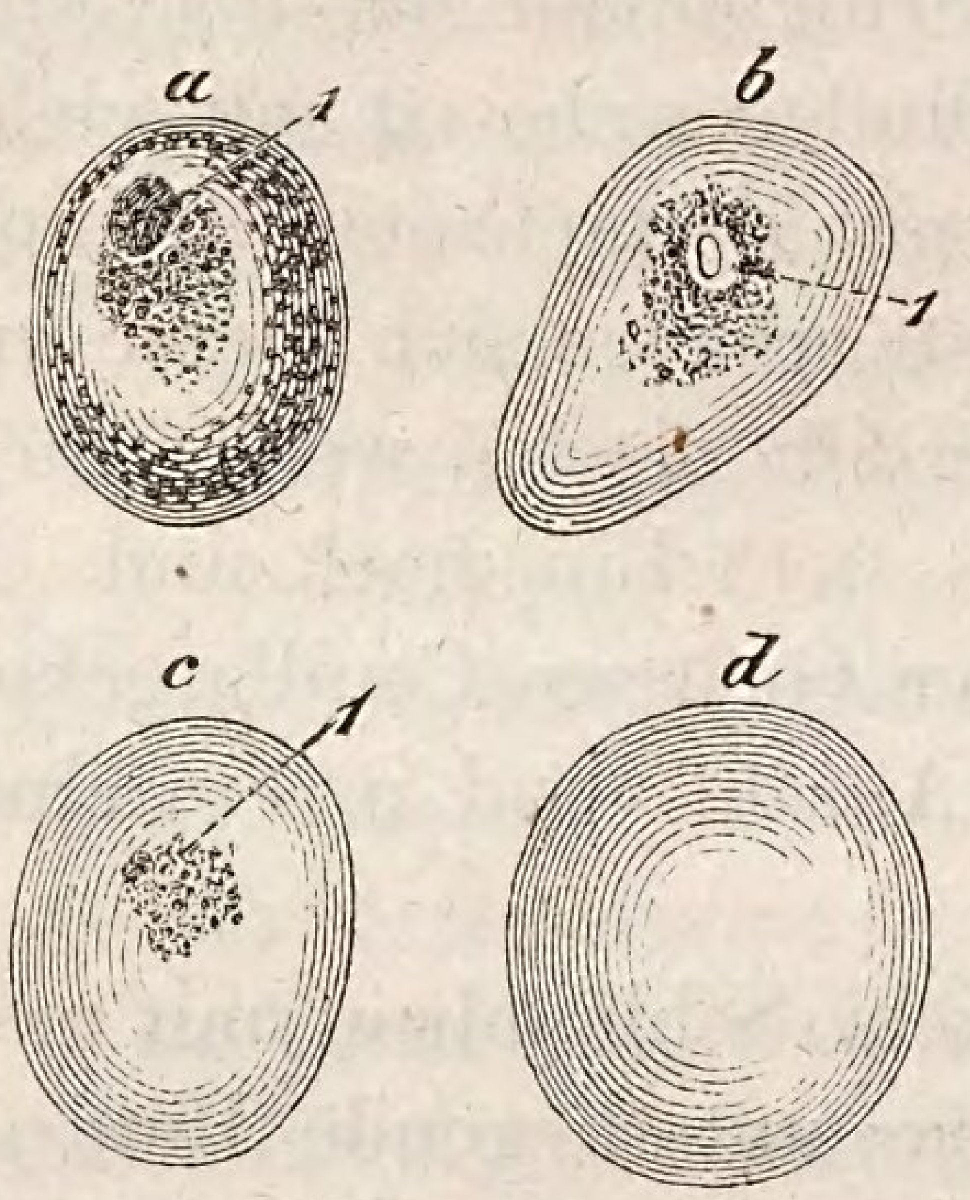


Fig. 49.

Fig. 48. Epithelium aus der Mundhöhle des Menschen, durch Abschaben erhalten, bei 410maliger Vergrösserung. 1 1 Kerne. 2 2 Kleine Körnchen, die namentlich rings um den Kern verbreitet sind.

Fig. 49. Epithelium aus der Mundhöhle des Menschen, auf welches eine Zeit lang gesättigte Kalilösung wirkte. Bei *a* und *b* beginnende Einwirkung des Wassers, bei *c* längere Einwirkung, bei *d* erschöpfende Einwirkung desselben. Der Kern 1 ist bei *c* ganz körnig geworden.

weit die Farbenveränderungen hierbei auch die Zellenmembran treffen, das lässt sich schwer entscheiden.

Das Epithelium der Mundhöhle stösst sich rasch ab. Immer findet man in den Flüssigkeiten der Mundhöhle zahlreiche Epithelialzellen und durch geringe mechanische Ursachen werden viele Zellen von der Oberfläche entfernt. Ihre Regeneration geht von der Schleimhautfläche aus. Vielleicht theilen sich in der tiefsten Schicht die länglichen Zellen, an denen man bisweilen Einschnürungen wahrnimmt.

Kölliker (Mikroskop. Anat. Bd. 2. Abth. 2. S. 7) hat die Länge und Breite der Papillen an verschiedenen Punkten der Mundhöhlenschleimhaut untersucht, desgleichen auch die Dicke des Epitheliums (Ebend. S. 11). Nur in einem Theile der Mundhöhlenpapillen konnte er Nervenfasern wahrnehmen. An der Oberfläche der Schleimhaut, nicht aber in den Papillen, sah derselbe manchmal Theilungen von Primitivfasern.

Um die Schleimhaut zu untersuchen, nimmt man feine Schnitte von getrockneten Stücken und befeuchtet diese erst mit Wasser, dann mit schwacher Kali- oder Natronlösung. Dadurch wird das Epithelium sichtbar, namentlich auch die tiefste Schicht von länglichen Zellen, welche zuerst von *Kölliker* genauer beschrieben worden ist, und die Nervenfasern und elastischen Fasern der Schleimhaut treten deutlich hervor. Letztere sieht man noch besser bei Zusatz von Essigsäure: sie scheinen weder Kerne noch Höhlen zu besitzen. Unmittelbar an der Oberfläche liegt eine structurlose Schicht, *Bowman's basement membrane*. Nur an der frischen Schleimhaut gelingt es bisweilen, hier und da Bindegewebsfasern zu isoliren, die im *Stratum submucosum* ganz deutlich sind. Die Reactionen des Epitheliums sind von *Mulder* und *Donders* (Holländ. Beiträge Bd. 1. S. 52) untersucht worden, und *Tilanus* (*De saliva et muco p.* 44), so wie *Kölliker* (Ebend. S. 9) haben deren Angaben meistens bestätigt. Bemerkenswerth ist die Lösung des Inhalts in Aetzkali, das Aufschwellen zu kugligen Zellen nach den Gesetzen der Osmose, wenn Wasser zugesetzt wird, und dass sich durch Essigsäure ein Niederschlag bildet, der im Ueberschuss löslich ist. Diese Reaction ist wie bei Protein. Mit Unrecht ist behauptet worden, durchschnittene Epitheliumzellen schwellten sich durch Alkalien gleich stark auf, und es könne deshalb bei der beschriebenen Erscheinung die Osmose keine Rolle spielen. Die Untersuchung grosszelliger Horngewebe, z. B. des Fischbeins, dürfte unseres Erachtens leicht vom Gegentheil überzeugen: die durchschnittenen Zellmembranen weichen nur einigermaassen zu einem feinen, zierlichen Netze auseinander, ohne zu Kugeln aufzuschwellen.

§ 66. Die Balgdrüsen.

Von den Schleim- und Speicheldrüsen müssen die *Glandulae folliculares* unterschieden werden. Sehr oberflächlich über den Schleimdrüschen liegend bilden die einfachen *Glandulae folliculares* eine fast ununterbrochene Schicht auf der Zungenwurzel, von den *Papillae circumvallatae* bis an die Epiglottis und von einer Mandel zur andern. Die Mandeln selbst hat man als zusammengesetzte *Glandulae folliculares* zu betrachten.

Kölliker beschreibt die einfachen Balgdrüsen (Fig. 50) als lin-

senförmige Körperchen von $\frac{1}{2}$ bis 2 Lin. Durchmesser mit einer Höhle, in welche sich das Epithelium und die oberflächliche Schicht der Schleimhaut mit ihren Papillen fortsetzt: dabei besitzen sie eine dicke Wandung, welche von den tieferen Schichten der Schleimhaut eine Umhüllung bekommt und eine Lage ganz geschlossener Follikel enthält, welche dicht bei einander in einem faserigen Stroma gelegen sind. In die Höhle der Balgdrüse öffnet sich eine tiefer gelegene Schleimdrüse. Die Follikel sind $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ Lin. gross und stimmen mit den Kapseln der Peyer'schen Drüsen, so wie mit den Milzkörperchen überein. Gleich diesen haben sie eine eigenthümliche Membran ohne Epithelium und einen Inhalt; letzterer besteht grösstentheils aus nur wenig resistenten Zellen von 0,004 Lin. Durchmesser, welche grosse Kerne und einen feinkörnigen Inhalt umschliessen, aus freien Kernen und aus einer mässigen Menge Plasma von alkalischer Reaction. Die Arterien, welche von aussen in die fibröse Umhüllung eindringen, bilden Capillarschlingen innerhalb der Papillen und ein reiches Capillarnetz auf (und in?) den Follikeln. Das Verhalten der Nerven ist noch nicht ermittelt.

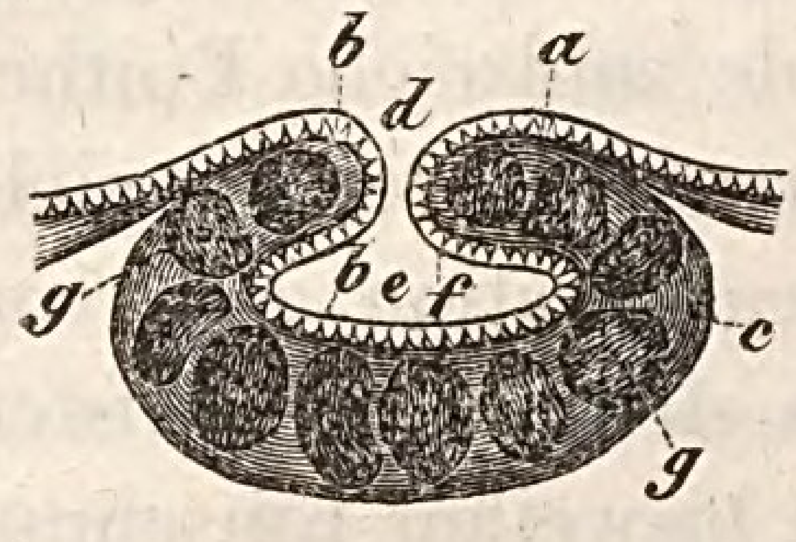


Fig. 50.

Die Mandeln bestehen nach *Kölliker* aus 10 bis 20 zusammengesetzten *Glandulae folliculares;* sie haben eine gemeinschaftliche fibröse Hülle, welche Forsetzungen zwischen die einzelnen zusammengesetzten Bälge schickt. An der Oberfläche der Mandeln bemerkt man viele Oeffnungen, die zu unregelmässigen Räumen von verschiedener Grösse führen. In die Höhlungen und deren Verästelungen tritt ebenfalls das Epithelium und die Papillarschicht, und in dem gefässreichen angrenzenden Stroma kommen zahlreiche geschlossene Kapseln vor, deren Inhalt sich häufig fettig metamorphosirt.

Die Bedeutung der Balgdrüsen ist noch nicht ganz aufgehellt. In den Höhlen dieser Drüsen trifft man oftmals die nämlichen Zellen, wie in den geschlossenen Kapseln. *Henle* glaubte deshalb annehmen zu müssen, dass alle diese geschlossenen Bläschen von Zeit zu Zeit bersten, und in der That hat man sie bei menschlichen Lei-

Fig. 50. Eine Balgdrüse von der Zungenwurzel des Menschen, nach *Kölliker*. — *a* Epithelium. *b b* Papillen. *c* Aeussere Fläche der Balgdrüse mit ihrer Bindegewebshülle. *d* Oeffnung der Drüse. *e* Höhlung derselben. *f* Epithelium in der Höhle des Balgs. *g* Follikel in der dicken Wandung des Balgs.

chen nicht selten geborsten gefunden. Da dies aber bei Thieren nicht vorkommt, so muss wohl die Berstung als ein pathologischer Zustand angesehen werden. In dem Inhalte der Follikel scheint keine Mucine vorzukommen, und aus diesem Grunde können sie in keinem Falle als schleimabsondernde Drüsen gelten.

Die beschriebenen Drüschen müssen besonders bei Thieren (Schweine, Schaafe, Ochsen) untersucht werden, da man sie beim Menschen nur selten gesund antrifft. Am Besten ist es, wenn sie durch starken Alkohol oder durch Eintrocknen gehärtet werden, worauf man feine Schnitte macht und mit Natron befeuchtet. — Die Follikel stimmen mit jenen der Peyerschen Drüsen überein; nur ist es bis jetzt nicht nachgewiesen, dass sie, gleich diesen, auch im Innern Haargefässe besitzen. Beachtung verdient die Beobachtung *Weber's* (*Meckel's* Archiv 1827. S. 282), der ein feines Netz von Lymphgefässen wahrnahm, dessen kleinste Aeste auf der Oberfläche der *Glandulae folliculares* sich ausbreiteten.

§ 67. Traubenförmige Drüschen und Speicheldrüsen.

Die Drüsen, deren Inhalt sich in die Mundhöhle ergiesst, gehören zu den traubenförmigen. Zum Theil sind sie sehr klein und liegen in dem submucösen Bindegewebe: dies sind die sogenannten Schleimdrüsen. Andere dagegen, die Parotis, die Submaxillaris und die Sublingualis sind weit grösser und heissen Speicheldrüsen. Diese Unterscheidung gründet sich allein auf die Verschiedenartigkeit der Secreta; da man aber keine scharfen Unterschiede in den Secretis kennt, so lassen sich auch die verschiedenen traubenförmigen Drüsen nicht genau von einander absondern.

Die kleinen traubenförmigen Schleimdrüschen sind hellgelbliche körnige Drüschen von runder Gestaltung und $\frac{1}{3}$ bis 2 Linien Durchmesser, die im Allgemeinen im *Stratum submucosum* liegen und durch einen kurzen Ausführungsgang sich an der Oberfläche der Schleimhaut öffnen. Die kleine Drüse und deren Läppchen besitzen eine mit elastischen Fasern durchsetzte Bindegewebshülle, worin die Gefässe verlaufen. Die *Glandulae labiales* bilden einen drüsigen Ring um den Mund herum; die *Glandulae buccales* gehören zu den kleinsten; die *Glandulae palatinae* kommen hauptsächlich am weichen Gaumen vor, doch auch am hintern Theile des harten. Sehr zahlreich sind die *Glandulae linguales*. Diese liegen zum Theil tief in der Wurzel der Zunge und münden durch sehr lange Ausführungskanälchen theils in die überliegenden Balgdrüsen theils an der freien Oberfläche der Schleimhaut aus, zum Theil lagern sie an den Rändern

der Zungenwurzel und entleeren sich zwischen den dort befindlichen Schleimhautfalten: dazu kommen dann noch die zwei zuerst von *Blandin* beschriebenen Drüschen unterhalb der Zungenspitze.

Alle diese Drüschen (Fig. 51) besitzen eine Bindegewebshülle und einen verästelten Ausführungskanal, an dessen Enden Gruppen von Drüsenbläschen sitzen. Die Drüsenbläschen oder Drüsenkörner (Acini) sind aber nach *Kölliker* nichts anderes, als die Ausbuchtungen und Enden der letzten Aeste des Ausführungskanales (Fig. 52). Die feinsten Ausführungskanälchen mit ihren scheinbaren Acinis haben 0,02 bis 0,08 L. Durchmesser; sie bestehen aus einer *Membrana propria* (*Henle*), welche mit einer einfachen Schicht sehr kleiner, durchscheinender, kernhaltiger Epithelialzellen bedeckt ist (*Kölliker*). Die *Membr. propria* stimmt mit einer gewöhnlichen Zellmembran überein.

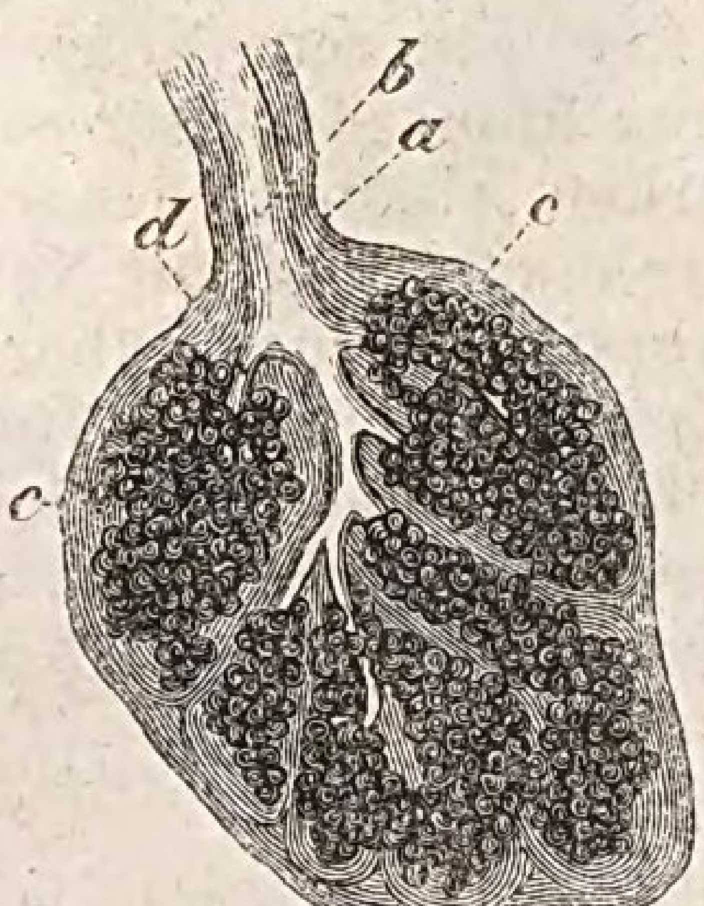


Fig. 51.



Fig. 52.

An den grösseren Ausführungskanälen kommen ausser dem bekleidenden Epithelium elastische und Bindegewebsfasern vor. Die feinsten Verästelungen mit ihren bläschenartigen Ausbuchtungen haben ein ziemlich dichtes Netz weiter Capillaren. Einzelne Nervenästchen sieht man zu den Drüschen gehen, ihre Endigungsweise indessen ist nicht bekannt. Bei einem Drucke auf die Drüschen entleert sich aus dem Ausführungskanale eine kleine Menge heller graulicher Schleim, der viel Mucine enthält, häufig aber nur Spuren von Formbestandtheilen. *Kölliker* meint, dieser Schleim werde durch die Epithelialzellen gebildet und transsudire, ohne dass sie selbst zu Grunde gehen. Einzelne abgestossne, zum Theil zu Grunde gegangene Epithelialzellen kommen indessen immer in dem Drüseninhalte vor.

Die Speicheldrüsen (*Parotis*, *Submaxillaris* und *Sublingualis*) stimmen im Baue ganz mit den beschriebenen einfachen

Fig. 51. Traubenförmige Schleimdrüse vom Boden der menschlichen Mundhöhle; nach *Kölliker*. — *a* Bindegewebshülle. *b* Ausführungsgang. *cc* Drüsenbläschen. *d* Gänge der Läppchen.

Fig. 52. Schema zweier Gänge eines Schleimdrüsenläppchens; nach *Kölliker*. — *a* Ausführungsgang des Läppchens. *bb* Nebenäste. *c* Drüsenbläschen *in situ*. *d* Drüsenbläschen auseinander gelegt und der Gang entfaltet.

traubenförmigen Drüsen überein (Fig. 53). Sie bestehen aus Träubchen, wie die genannten Drüsen; diese vereinigen sich zu grösseren und kleineren Läppchen und bilden zuletzt die ganze Drüse. In das Bindegewebe zwischen den verschiedenen Träubchen sind zahlreiche Gruppen von Fettzellen eingestreut. Die Verästelungen der Ausführungsgänge entsprechen der Läppchentheilung. Die *Membrana propria* derselben wird durch Alkalien ganz deutlich; sie ist mit einer Schicht platter, eng unter einander zusammenhängender Epitheliumzellen (Fig. 54) bedeckt, zu deren Inhalte in der Submaxillaris und Sublingualis viele gelbe Fettkügelchen gehören und deren Kerne sich leicht isoliren lassen. Die Ausführungsgänge (Fig. 55) besitzen ein Cylinderepithelium (*Henle*) und bestehen ausserdem aus Bindegewebsfasern und aus elastischen Fasern; nur im *Ductus Whartonianus* kommen auch glatte Muskelfasern vor. Die Gefässe bilden ziemlich weite Netze um die Drüsenbläschen, und auf ihnen werden den Drüsen zugleich Nerven aus dem *Plexus caroticus externus* zugeführt. In den Speicheldrüsen des Pferdes sahen wir nach Einwirkung von Natronsolution deutliche Verzeigungen von Nervenröhrchen (Fig. 56) zwischen den Drüsenbläschen.

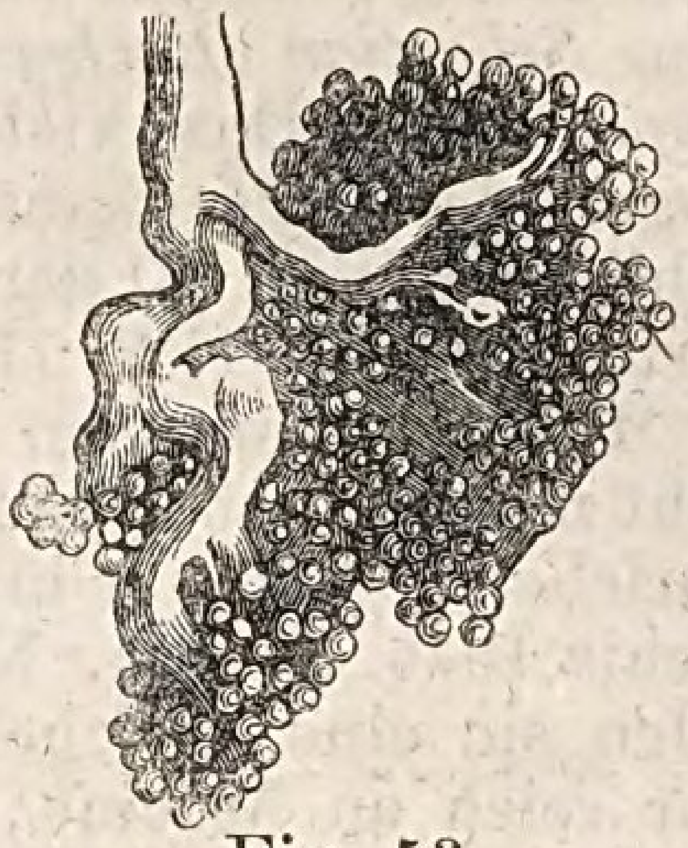
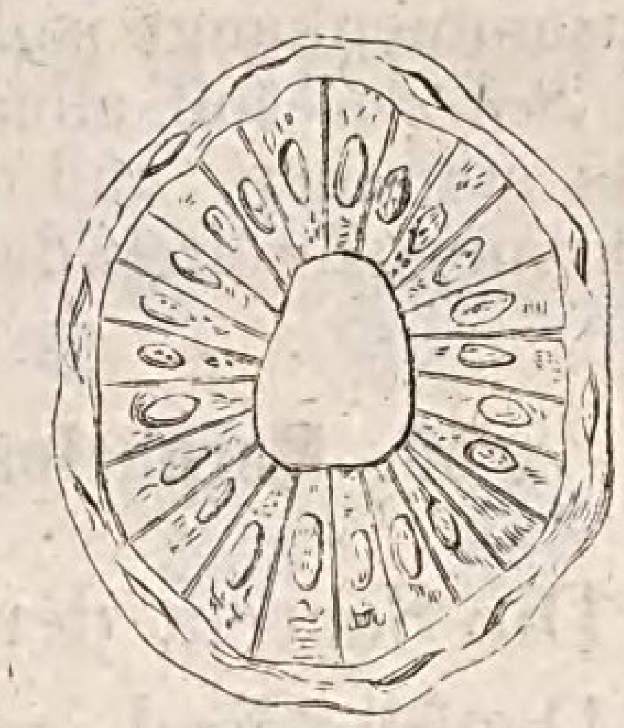
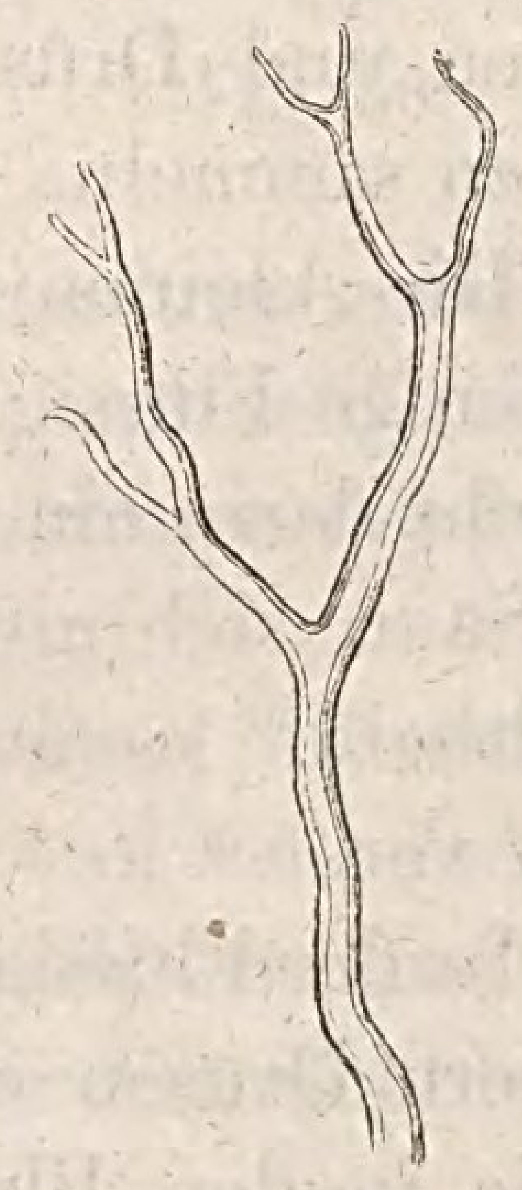

Fig. 53.



Fig. 54.


Fig. 55.


Fig. 56.

Ueber die kleinen Schleimdrüschen der Mundhöhle vergleiche man *E. H. Weber* (*Meckel's* Archiv

Fig. 53. Ein kleines Läppchen der Parotis eines neugebornen Kindes, mit Quecksilber injicirt; nach *E. H. Weber*.

Fig. 54. Epithelialzellen aus Speicheldrüsen des Pferdes; 450malige Vergrösserung. — *a* Aus der Parotis. *b* Aus der Submaxillaris des nämlichen Pferdes; sie sind reicher an Fettkügelchen. *c* Die leicht zu isolirenden Kerne.

Fig. 55. Querdurchschnitt eines kleinen Ausführungsganges der Parotis des Pferdes; 250malige Vergrösserung.

Fig. 56. Verzweigtes Nervenröhrchen aus der Parotis des Pferdes, welches zwischen den Acinis verläuft; 500malige Vergrösserung.

1827. S. 276), der den Zusammenhang zwischen den Zungendrüschen und den Balgdrüsen nachgewiesen hat, ferner *Henle* (Allg. Anat. S. 921), der in der Nähe der traubenförmigen Drüschen einige Male geschlossene Drüsenbläschen antraf, welche weder *Kölliker* noch wir selbst wiederfinden konnten, sodann *Sebastian* (*Recherches anat., phys. et pathol. sur les glandes labiales. Groningue* 1842). Dass viele scheinbare Bläschen durch Windungen und Ausbuchtungen der Drüsenkanälchen entstehen, wie es *Kölliker* in der oben copirten Abbildung (Fig. 52) darstellt, das wurde bereits von *Valentin* (*Wagner's* Handwörterbuch Bd. 1. S. 772) angegeben.

Die Blandin'schen Drüschen wurden von *Nuhn* (Ueber eine bis jetzt noch nicht näher beschriebene Drüse im Innern der Zungenspitze. 1845) genauer beschrieben; *Schlemm* und *J. Müller* kannten dieselben auch bereits (*Müller's* Archiv 1846. S. 465). Nach *Todd* und *Bowman* (*Physiological Anatomy* II. 182) sollen sie eine speichelartige Flüssigkeit absondern. Ihr Inhalt ist indessen sehr reich an Mucine, wovon der Parotisspeichel nur wenig enthält. Wahrscheinlich stehen sie den Submaxillares und den Sublinguales nahe.

Nur im *Ductus Whartonianus* konnte *Kölliker* (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie I. 63) längliche glatte Muskelfasern mit kurzen nicht sehr regelmässigen Kernen finden. Auch konnte *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. N. Folge I. 257) keine Contractionen wahrnehmen, wenn er beim Hunde und bei der Katze Electricität auf den *Ductus Stenonianus* und *Whartonianus* einwirken liess. — Die körnigen mit den Speichelkügelchen übereinstimmenden Zellen, welche von *Henle* und von *Gerlach* in den Speicheldrüsenbläschen beschrieben wurden, haben wir niemals gefunden. Wir sahen nur die in Fig. 54 abgebildeten Formen. Die gesammten Epithelialzellen eines Drüsenbläschens werden manchmal im Zusammenhange isolirt. Immer kommen auch zahlreiche freie Kerne vor. — Nach *Schrant* soll aller Schleim aus einer Colloidmetamorphose des Zelleninhalts stammen, und die Zellen sollen dabei zu Grunde gehen. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass auch Mucine transsudirt. (S. Allg. Phys.)

§ 68. Morphologische Bestandtheile der Secreta dieser Drüsen.

Die Secreta der verschiedenen in der Mundhöhle sich öffnenden Drüsen sind grösstentheils sehr unvollständig bekannt, vornehmlich deshalb, weil es so mühsam ist, aus den verschiedenen Drüsen und Drüschen eine zur Untersuchung ausreichende Quantität zu sammeln.

Die kleinen traubenförmigen Drüschen enthalten alle eine schleimige Flüssigkeit, die sich ausdrücken lässt. Durch Essigsäure entsteht darin ein häutiger Niederschlag, der in einem Ueberschusse von Säure sich nicht wieder löst (Mucine); als morphologische Bestandtheile kommen nur einzelne halb aufgelöste Drüsenzellen darin vor.

In der Flüssigkeit, welche man aus den Ausführungsgängen der grössern Drüsen erhält, fehlt die Mucine nicht ganz; namentlich ist sie in den Blandin'chen Drüsen und im Secretum der Sublinguales und Submaxillares in ziemlicher Menge vorhanden, während sie dagegen im Speichel der Parotis gar nicht oder kaum spurweise vorkommt. Ein wässriger Auszug der Parotis hat daher auch nichts Schleimiges, wie es die Auszüge der übrigen Drüsen besitzen (*Ber-*

nard). Wir fanden ferner in allen Speichelarten einige abgestossene Drüsenzellen (Fig. 57), häufig in Fettmetamorphose begriffen, manchmal zum Theil aufgelöst und innerhalb 24 Stunden in der alkalischen Flüssigkeit sich ziemlich auflösend und verschwindend. Da wir kein anderes Merkmal besitzen, wodurch wir Schleim- und Speicheldrüsen von einander unterscheiden könnten, als das Vorhandensein von Mucine im Secretum, so lässt sich natürlich eine scharfe Grenze nicht ziehen.



Fig 57.

Die Mundhöhlenflüssigkeit enthält nicht allein Epithelialzellen aus den oberflächlichsten Schichten (Fig. 48) und in Auflösung begriffene Zellen der Speicheldrüsen (Fig. 57), sondern zugleich auch sogenannte Schleim- oder Eiterkügelchen, und zwar ohne Uebergangsformen. Gleich *Stromeyer* trafen wir die Schleimkügelchen in grosser Menge an, wenn die Schleimhäute durch Tabaksrauchen gereizt worden waren. Es sind kuglige, gekörnte Körperchen (Fig. 58), in denen man innerhalb der Mutterflüssigkeit meistens schon einen Kern (manchmal auch zwei Kerne) wahrnimmt, die um so deutlicher hervortreten, wenn Wasser einwirkt, besonders aber durch verdünnte Essigsäure, weil der Inhalt heller wird und die Zellen sich ausdehnen. Die Körnchen haben in den Zellen eine deutliche Molekularbewegung. Was man von einer Spaltung der Kerne durch Wasser und besonders durch Essigsäure gesagt hat, das scheint auf ungleichmässigem Widerstande und schliesslicher Berstung des Kernbläschens mit theilweisem Austreten des Inhalts zu beruhen.

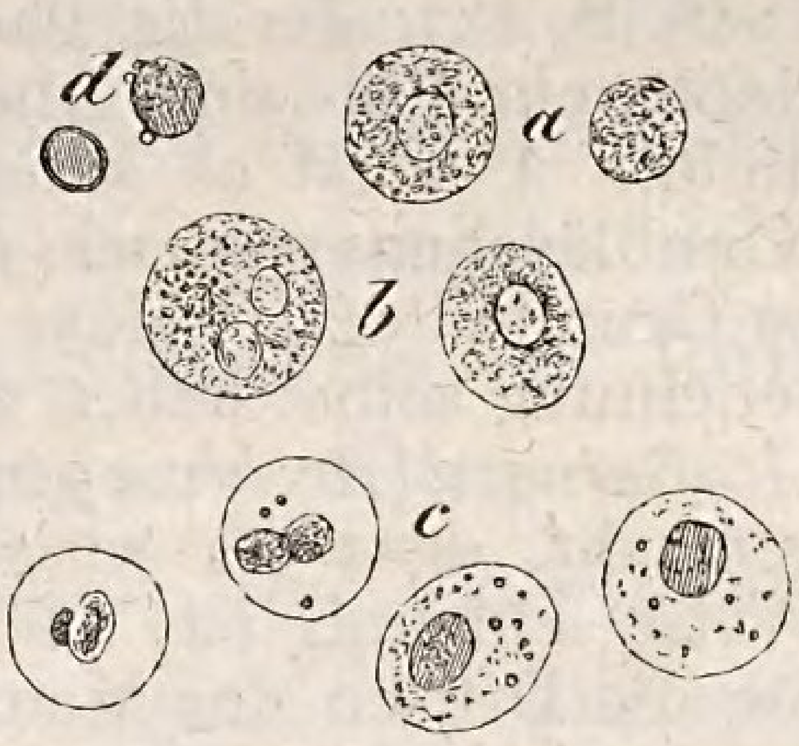


Fig. 58.

Wird die Zungenspitze abgewischt und ein Paar Minuten darauf abgekratzt, so findet man darin keine Spur von Schleimkügelchen. In einem Tröpfchen Speichel, welches durch die blosse Vorstellung von Speisen ohne eine Bewegung in der Mundhöhle über

Fig. 57. Halbzerstörte Drüsenzellen. *a* Aus dem Speichel der Parotis des Pferdes. *b* Aus der Submaxillaris des Pferdes.

Fig. 58. Sogenannte Speichelkörperchen bei 450maliger Vergrösserung. *abc* stammen vom Menschen, und zwar *a* im frischen Zustande, *b* nach Einwirkung von Wasser, *c* nach Einwirkung von verdünnter Essigsäure; *d* vom Hunde.

die Lippen fliesst, findet man kaum einzelne Schleimkügelchen. Dagegen erblickt man sie zu Tausenden und häufig zusammen gruppirt in einem Tröpfchen trüben Speichels, der durch Druck der Zungenspitze auf die Unterkieferdrüse ausgepresst wird.

Die Schleimzellen der Mundhöhlenflüssigkeiten hat man mit dem Namen der Speichelkörperchen belegt. *Sebastian* sah sie auch in dem Speichel, den er aus einer Fistelöffnung bekam. *Kölliker* bemerkt aber mit Recht, dass ihr Vorkommen hier durch die vorhandene Reizung bedingt sein konnte. Im Speichel von Pferden und von Hunden, den wir frisch aus den verschiedenen Ausführungsgängen nahmen und der Untersuchung unterwarfen, fanden wir sie nicht. Die abgestossenen Drüsenzellen, die Molekularkörner ferner, welche *Becher* und *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. N. F. I. 278) hauptsächlich in den ersten Tropfen des abgesonderten Speichels der Submaxillaris fanden, sind davon ganz verschieden. Ihr Ursprung lag also ganz im Dunkeln, und wir könnten nur *Stromeyer* (Handb. d. Chir. Th. 1) beistimmen, welcher angiebt, dass sie bei jeder Reizung der Mundhöhle, im Besondern beim Rauchen an Menge zunehmen. *Kölliker* hält sie sogar für Exsudat- oder Eiterkörperchen. Bei Thieren findet man diese Körperchen nicht, wenigstens nicht in der nämlichen Form. Wir fanden aber vor Kurzem, dass durch einen Druck der Zungenspitze auf die Unterkieferdrüse Tausende hervortreten können, welche den Speichel selbst trübe machen. Es fehlte bis jetzt die Gelegenheit, die Erscheinung an der Leiche zu verfolgen. — Ueber die Theilung der Kerne s. vorzüglich *Reinhardt* (*Traube's* Beiträge u. s. w. Heft 2. S. 202 und Archiv f. path. Anat. u. s. w. Bd. 1. S. 528), der die Theilung als eine scheinbare bezeichnet und schon primitiv mehrfache Kerne annimmt, so wie *Henle* (Jahresberichte 1846. S. 57. 1848. S. 28), der die Theilung fortwährend vertheidigt, aber mit *Zimmermann* lieber ein Ein- und Abschnüren, als ein Einreissen und eine Spaltung darin findet. Uns ist es kaum zweifelhaft, dass ein Ausweichen und Bersten des Kernbläschens, so wie ein Zusammenschrumpfen des Inhalts der Erscheinung zu Grunde liegt, welche man als Theilung des Kerns bezeichnet hat. Die Erscheinung selbst haben wir jetzt auch recht gut gesehen.

Bernard (*Archives génér. de Méd.* 1847. *T.* 13. *p.* 9) hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass der wässrige Auszug der Parotis des Hundes nicht in gleicher Weise schleimig ist, wie jener der Submaxillaris. Das Nämliche fand *Kölliker* für die Drüsen des Menschen, und wir haben uns bei verschiedenen Thieren davon überzeugt, dass, wenn man von der Sublingualis nur ein mikroskopisches Stückchen einen Augenblick mit Wasser behandelt und dann verdünnte Essigsäure zusetzt, sich alsbald ein Niederschlag um das Präparat bildet. Die Mucinemetamorphose der Zellen dieser Drüsen ist Schuld daran, dass das Drüsenextract schleimig erscheint.

§ 69. Chemische Zusammensetzung der verschiedenen Speichelarten.

Die chemischen Untersuchungen des Speichels betreffen einestheils die gemischten Flüssigkeiten der Mundhöhle, anderntheils den Speichel aus verschiedenen Drüsen, den man fast allein von Thieren aus Fisteln der Ausführungsgänge gewonnen hatte.

Die Flüssigkeit, welche aus dem Munde kommt, wenn man bei gesenktem Unterkiefer den Gaumen mit einer Feder kitzelt, stammt fast ausschliesslich aus den grossen Speicheldrüsen. Es ist eine geruch- und geschmacklose, fast klare, klebrige Flüssigkeit, die sich

schnell zersetzt, und worin Epithelialzellen und sogenannte Speichelkügelchen bald ein kleines herabsinkendes Wölkchen bilden. Ihr spec. Gewicht ist gewöhnlich 1,004 bis 1,006. Sie reagirt alkalisch, besonders deutlich während und kurz nach dem Essen.

Der Parotisspeichel ist am meisten untersucht worden. Sein spec. Gewicht ist 1,004. Er ist ganz klar und farblos, nicht klebrig, stark alkalisch, und enthält etwa $1\frac{1}{2}$ pCt. feste Bestandtheile, wovon mehr denn die Hälfte zu den anorganischen gehört. Jener Speichel, welcher bei vermehrter Reizung zuerst abgeschieden wird, enthält die meisten festen Bestandtheile. Abgesehen von den morphologischen Elementen sind die Hauptbestandtheile: eine an Kali, Natron und Kalk gebundene lösliche Substanz, die nach ihren Eigenschaften fast ganz mit Natronalbuminat übereinstimmt (*Lehmann*); eine in Wasser lösliche, nicht durch Alaun, wohl aber durch Gerbsäure fällbare und noch nicht näher untersuchte Materie; flüchtige Fettsäuren (Capronsäure?) an Kali gebunden; Chlornatrium und Chlorkalium, phosphorsaure Salze, Spuren von Eisenoxyd und vielleicht von schwefelsauren Salzen. Die Asche enthält vorwaltend Chlorkali und Chlornatron. Im Parotisspeichel des Hundes und des Pferdes kommt auch viel kohlensaurer Kalk vor, der nach *Lehmann* im frischen Speichel als Kalk an organische Substanz gebunden ist. Beim Zutritt von Kohlensäure aus der Luft soll dieser Kalk der organischen Substanz entzogen werden, es sollen sich Krystalle von kohlensaurem Kalk bilden und die organische Substanz, wenn sie in grösserer Menge zugegen ist, soll unlöslich werden. Nach *Bernard* soll aber dieser Speichel schon unmittelbar bei der Absonderung auf Zusatz von Säuren viel Kohlensäure entwickeln.

Der Speichel aus der Submaxillaris (spec. Gew. 1,0041) ist zäher als der Parotisspeichel, er reagirt nicht so stark alkalisch, ist ärmer an festen Bestandtheilen, unter denen sich Spuren von Eiweiss und von Schwefelcyan (Rhodan) befinden, verhältnissmässig reicher an anorganischen Substanzen, jedoch ärmer an Kalksalzen.

Jacubowitsch unterband bei Hunden den *Ductus Stenonianus* und *Whartonianus*, um den Schleim der Mundhöhle möglichst rein zu bekommen. Die erhaltene Flüssigkeit war sehr zähe und klebrig, sie schäumte, enthielt viele Epithelialzellen, reagirte alkalisch und enthielt 1 pCt. feste Bestandtheile. Fast $\frac{2}{3}$ der letztern waren anorganische, darunter aber kein kohlensaurer Kalk.

Die Analysen der gemischten Mundhöhlenflüssigkeiten des Menschen ergeben im Allgemeinen weniger feste Bestandtheile (bei *Jacubowitsch* und *Lehmann* nur ungefähr $\frac{1}{2}$ pCt, bei *Frerichs* $\frac{1}{2}$ bis 1 pCt.) und darunter nicht so viele anorganische.

Das spec. Gew. des frischen Menschenspeichels fand *Jacubowitsch* 1,0026, und 1,0023 nachdem er sich gesetzt hatte. Vier Monate hindurch prüfte er an sich selbst die Reaction: am Morgen kaum alkalisch, nach dem Frühstücke rasche Zunahme und dann wieder Abnahme, bis nach dem Mittagsessen die alkalische Reaction wiederkehrte. *Frerichs* (*Wagner's* Handwörterb. Bd. 3. S. 761) scheint anzunehmen, der Speichel reagire immer gleich stark alkalisch, und es fehle diese Reaction im nüchternen Zustande nur deshalb, weil die Mundhöhlenflüssigkeiten, wenn kein Speichel beigemengt ist, nicht alkalisch reagiren. Die Unrichtigkeit dieser Erklärung ergiebt sich aus den Untersuchungen von *Bidder* und *Schmidt* (Verdauungssäfte S. 5), die nach der Unterbindung der Speicheldrüsen den Mundhöhlenschleim noch gleich stark alkalisch fanden. Allerdings kann aber der Speichel in pathologischen Zuständen sauer reagiren. (S. *Wright*, so wie *Donné*, *Histoire phys. et path. de la salive. Paris* 1836.)

Als Hauptbestandtheil des Speichels wird im Allgemeinen der Speichelstoff (*Ptyalin*) bezeichnet, über welchen jedoch die grösste Verwirrung besteht (*Tilanus p.* 35). Verschiedene Chemiker nämlich haben auf verschiedenartige Weise aus dem Speichel einen organischen Stoff ausgeschieden und Ptyalin benannt, obwohl derselbe je nach der Bereitungsweise verschiedene Eigenschaften besass. *Berzelius* gewann seinen Speichelstoff dadurch, dass der in Alkohol nicht auflösliche Theil des getrockneten Speichels mit Essigsäure und dann nochmals mit Alkohol ausgezogen, der Rückstand aber mit Wasser behandelt wurde, worin sich der Körper löst. Durchs Kochen, durch Gerbsäure, durch Quecksilber- und Bleisalze wird die Ptyalinlösung nicht verändert. Hierin unterscheidet sich das von *Wright* dargestellte Ptyalin. — Nach *Lehmann* (Lehrb. d. phys. Chemie Bd. 2. S. 15) wird dieser wichtigste organische Bestandtheil am reinsten aus dem spirituösen Extracte erhalten, wenn dasselbe mit Alkohol und mit Aether ausgezogen wird. Das Ptyalin erscheint dann als eine fast gallertartige, farblose Masse, die um so weniger in Wasser sich löst, je mehr sie von den ursprünglich damit verbundenen Alkalien verloren hat. In der alkalischen Lösung entsteht durch Säuren ein Niederschlag, der sich im Ueberschuss von Essigsäure wiederum löst. Durch Kochen mit Salmiak oder mit schwefelsaurer Magnesia trübt sie sich; Gerbsäure, Quecksilbersalze und basische Bleisalze präcipitiren ebenfalls. Die essigsaure Solution wird durch Blutlaugensalz getrübt, und mit Salpetersäure gekocht färbt sie sich gelb. Diese Substanz steht also dem Natronalbuminate und dem Casein am nächsten. Sie ist noch nicht analysirt worden. Die Bereitungsweise lehrt, dass man einen in Wasser sowohl als in verdünntem Alkohol löslichen Körper erhält. Er unterscheidet sich dadurch vom Natronalbuminat, dass er durch Alaun und durch schwefelsaures Kupferoxyd nicht niederfällt, und dass er schon durch schwache Säuren, wie die Kohlensäure, sein Alkali verliert und unlöslich wird.

Der Speichel soll nach *Simon* auch Cholesterin, nach *Tiedemann* und *Gmelin* ein phosphorhaltiges Fett enthalten. Nach *Berzelius*, *Mitscherlich* und *Wright* sollen auch milchsaure Salze darin vorkommen; für den gesunden Speichel vom Menschen und vom Pferde läugnen dies aber auf das Bestimmteste *Enderlin* und *Lehmann*. Dass in den gemischten Flüssigkeiten vom Hunde und vom Menschen Schwefelcyan vorkommt, das unterliegt keinem Zweifel. Im Speichel aus der Parotis und Submaxillaris des Pferdes erhielten wir aber durch Eisenchlorid keinen rothen, sondern einen weissen flockigen Niederschlag, am stärksten aus der Submaxillaris, die, wie zuerst *Gurlt* (Handbuch d. vergl. Phys. der Haussäugethiere 1837. S. 86) angab und *Bernard* (*Arch. génér. T.* 13. *p.* 1) es bestätigte, durch ihren Schleimgehalt vor der Parotis sich

auszeichnet. *Treviranus* (Biologie Bd. 4. S. 332) entdeckte, dass der Speichel durch Zusatz eines Eisenoxydsalzes sich blutroth färbt, und er leitete dies von einer besondern Säure ab, die er Blutsäure nannte. *Tiedemann* und *Gmelin* (Die Verdauung u. s. w. I. S. 9) machten es wahrscheinlich, dass diese rothe Färbung von der inzwischen durch *Porret* entdeckten Schwefelblausäure herrührte. Dagegen wurde von mehreren Seiten Widerspruch erhoben; die Richtigkeit dieser Annahme ist aber von *Pettenkofer* (*Buchner's* Repert. f. d. Pharm. Bd. 16. S. 289) und von *Tilanus* (p. 17) nachgewiesen worden durch eine genaue vergleichende Untersuchung der verschiedenen roth gefärbten Eisensalze. In 1000 Theilen Speichel fand *Lehmann* (Phys. Chemie Bd. 2. S. 20) 0,046 bis 0,089 Theile Schwefelcyankalium. *Kletzinsky* (*Heller's* Archiv f. phys. u. path. Chemie 1853. S. 39) untersuchte, unter welchen Umständen dieser Bestandtheil des Speichels zu- und abnimmt, und behauptet, er hindere die Gährung und die Schimmelbildung.

Wir geben nach *Moleschott* (Physiologie des Stoffwechsels S. 420) folgende Zusammenstellung von Analysen des menschlichen Speichels:

In 1000 Theilen.	Von einem gesunden Manne. (*Simon*)	Vom Menschen. (*Berzelius*)	Von einem gesunden Manne. (*Frerichs*)	Vom Menschen. (*Jacubowitsch*)
Speichelstoff	—	2,9	—	—
Speichelstoff mit etwas Alkoholextract	4,37	—	1,41	—
Organischer Stoff (Speichelstoff?)	—	—	—	1,34
Schleim (Epithelium)	1,40	1,4	2,13	1,62
Fett	—	—	0,07	—
Fett mit Cholesterine	0,32	—	—	—
Wasserextract mit Salzen	2,45	—	—	—
Alkoholextract mit milchs. Alkali	—	0,9	—	—
Schwefelcyankalium	—	—	0,10	0,06
Salze	—	1,9	2,19	1,82
Wasser	991,22	992,9	994,10	995,16

Die genauesten Analysen des aus verschiedenen Drüsen abgeschiedenen Speichels haben wir von *Schmidt* (Verdauungssäfte S. 7) erhalten. Der untersuchte Speichel stammte von Hunden. Er fand aber in 1000 Theilen:

	Parotis-speichel.	Submaxillar-speichel.		Mundhöhlen-flüssigkeit ohne Submaxillar-speichel.	Mundhöhlen-flüssigkeit ohne Parotisspeichel.	Mund-höhlen-flüssigkeit.
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Wasser	995,3	996,04	991,45	988,1	990,48	989,63
Aufgelöste org. Substanz	1,4	1,51	2,89	5,04	4,25	3,58
Epithelium	—	—	—	2,24		
Anorganische Substanzen.	3,3	2,45	5,66	4,62	5,27	6,79

Die anorganischen Substanzen wurden für Nr. I, III, IV, V u. VI noch genauer bestimmt, nämlich:

	Chlorkalium, Chlornatrium, Rhodankalium.	Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsaures Natron.	Phosphorsaures Natron.	Kohlensaurer Kalk.	Phosphors. Kalk, phosphorsaure Magnesia.	Kohlens. und phosphors. Kalk, phosphors. Magnesia.
I. Parotisspeichel	2,1	—	—	1,2	—	—
III. Submaxillarspeichel . .	4,5	—	—	—	—	1,16
IV. Mundhöhlenflüssigkeit ohne Submaxillarspeichel	—	4,20	—	—	0,42	—
V. Mundhöhlenflüssigkeit ohne Parotisspeichel .	—	4,08	—	—	1,19	—
VI. Gesammte Mundhöhlenflüssigkeit	5,82	—	2,80	—	0,15	—

Lassaigne (*Journ. de Chimie méd.* 1852. *p.* 393) untersuchte beim Widder und beim Pferde die Parotisflüssigkeit, bei der Kuh die Parotis- und Submaxillarflüssigkeit. Er fand bei diesen Thieren mehr feste Bestandtheile (etwa 0,8 bis 1 pCt.), als *Schmidt* beim Hunde gefunden hat.

Bei einem Hunde, dem die Speicheldrüsen unterbunden worden waren, fanden *Bidder* und *Schmidt* in dem sehr sparsam abgesonderten Mundschleime 990,02 Wasser, 3,85 organ. Substanz, nur zum kleineren Theile in Alkohol löslich, 6,13 anorgan. Salze, und zwar grössern Theils Alkalien (salzs. u. phosphors.), und nur kleinern Theils Kalk und Magnesia.

Manche Substanzen gehen sehr schnell in den Speichel über. Dies gilt besonders vom Jodkali, das auch lange darin anwesend bleibt. *Bernard* (*Arch. génér. de Méd.* 1853. *p.* 5) spritzte gleichzeitig Jodkali, Blutlaugensalz und Traubenzucker in die Drosselvene, von denen er bald nachher nur das erste im Speichel wieder fand. Auch Brom und Quecksilber, die äusserlich oder innerlich angewendet wurden, hat man im Speichel wieder gefunden.

§ 70. Speichelsecretion.

Man weiss nicht genau, welche Speichelmenge in 24 Stunden abgesondert wird. *Mitscherlich* erhielt im Mittel 80 Grammen Speichel aus einer zufällig entstandenen Fistel des *Ductus Stenonianus*. Rechnet man mit *Valentin* die Absonderungsfläche Einer Parotis zu der Fläche aller übrigen Speicheldrüsen = 1 : 3,33, so würden bei gleichmässiger Thätigkeit aller Speicheldrüsen 216—316 Grammen Drüsenspeichel abgeschieden werden. Dazu käme dann noch die Absonderung der Mundhöhlenschleimhaut. *Bidder* und *Schmidt* haben es wahrscheinlich gemacht, dass diese Menge viel grösser ist und vielleicht 1000 bis 2000 Grammen im Tage beträgt.

Die Speichelabsonderung ist im nüchternen Zustande unbedeutend; doch hört sie beim Menschen niemals gänzlich auf. Reizungen der Mundhöhle, Kitzeln des Gaumens, saure und aromatische Speisen, Küchensalz, und besonders das Kauen fester Substan-

zen veranlassen bald eine reichlichere Speichelabsonderung. Die blosse Bewegung des Unterkiefers ist ausreichend, um vermehrte Speichelabsonderung herbeizuführen, weshalb auch das Sprechen und Saugen darauf von Einfluss sind. Nach dem Essen dauert beim Menschen die reichlichere Speichelabsonderung noch eine Zeit lang fort. Die Absonderung wird auch vermehrt, wenn die Speisen durch eine Magenfistel direct in den Magen gebracht werden. Bekannt ist es ferner, dass die blosse Vorstellung von Speisen, zumal von sauren Speisen die Speichelabsonderung anregen kann.

Diese Thatsachen beweisen aufs Deutlichste, dass die Speichelabsonderung unter dem Einflusse des Nervensystems steht. *Ludwig* und *Rahn* haben dies auf directem Wege nachgewiesen. Die Submaxillaris eines Hundes wurde mit ihrem Ausführungsgange und ihrem Nerven (einem Aste des Lingualis) blosgelegt, ein Manometer wurde mit der Oeffnung nach der Drüse zu in den Speichelgang eingebracht und nun der Druck bestimmt, unter welchem die Speichelabsonderung erfolgte. Es ergab sich, dass die Absonderung ohne stattfindende Reizung unmerklich war, nach galvanischer Reizung des genannten Nerven aber sich dergestalt steigerte, dass der Druck allmählig und regelmässig zu der ungewöhnlichen Höhe von 190 Mill. Quecksilber, ja manchmal noch höher stieg. Bei diesem bedeutenden Drucke wurde der Drüsenkanal, ja es wurde die Drüse selbst ausgedehnt, und der Speichel drang durch die Poren der Wände des Ausführungsganges. Dessen ungeachtet hielt sich der Druck, wenn die Reizung fortdauerte, manchmal 30 Secunden lang auf dem Maximum. Wurde mit der Reizung des Nerven nachgelassen, dann fiel das Quecksilber auf der Stelle wegen der Transsudation durch die Wandungen der Ausführungskanäle. — Der Blutdruck in der Carotis war viel niedriger (108,5 bis 112,3) und erfuhr während der Reizung keine Abänderung. Auch liess sich kein Zusammenhang zwischen Blutdruck und Absonderung nachweisen. Die Unterbindung der Venen, wodurch der Blutdruck in den Arterien und in den Capillaren erheblich zunehmen muss, veranlasste keine Speichelabsonderung, und wenn der Herzschlag ganz aufgehört hatte, dann konnte durch Reizung der Nerven doch noch Secretion erzielt werden. — Es ist noch unerklärt, wie das Nervensystem einen solchen Einfluss ausübt. Contractile Theile, durch deren verstärkte Thätigkeit der bedeutende Druck zu Stande kommen könnte, sind nicht vorhanden.

Rahn hat näher untersucht, welche Nerven bei Kaninchen auf

die Absonderung der Parotis von Einfluss sind. Reizung des peripherischen Endes des *Maxillaris inferior*, besonders aber des *Facialis* ruft vermehrte Secretion hervor. Wird der Facialis am *Foramen stylomastoideum* durchschnitten und nun oberhalb der Durchschnittsstelle gereizt, so bleibt diese Wirkung nicht aus, es müssen also die hierbei wirksamen Nervenfasern in die *Chorda tympani* treten. Von andern Gehirnnerven beobachtet man gar keine Wirkung, wenn sie durchschnitten und am peripherischen Ende gereizt werden.

Die Thätigkeit dieser Nerven, namentlich des Facialis, wird durch Reflexion angeregt, wenn man den Glossopharyngeus reizt. Da die Speichelabsonderung eintritt, wenn Speisen unmittelbar in den Magen gebracht werden, und eben so, wenn die Mundhöhle an Stellen, wo der Glossopharyngeus sich nicht ausbreitet, gereizt wird, so erscheint es wahrscheinlich, dass Reizungen des Vagus und einiger Gefühlsäste des Trigeminus die Speichelabsonderung ebenfalls vermehren können, und zwar durch Reflexion auf jene Nerven, welche unmittelbar auf die Speichelabsonderung einwirken. *Rahn* konnte dies für die Parotis, bei Kaninchen wenigstens, nicht nachweisen; *Bernard* fand aber wirklich beim Hunde, dass durch Reizung des centralen Endes vom durchschnittenen Lingualis in der Unterkieferdrüse stärkere Absonderung eintrat, während dieselbe in den übrigen Speicheldrüsen unverändert blieb. — Willkürliche Contraction der Kaumuskeln vermehrt die Speichelabsonderung. Dies lässt sich aus einer associirten und insofern willkürlichen Wirkung der Bewegungsäste des Trigeminus erklären. Psychische Reize wirken vielleicht nur durch diesen Nerven. Da durch Reizung des Trigeminus und des Facialis oberhalb der Ganglien die Thätigkeit der Speicheldrüsen erhöht wird, so scheinen die Nervenfasern, welche diese Wirkung üben, unmittelbar aus dem Gehirne zu kommen. Dafür spricht auch der Einfluss der psychischen Reize und die Reflexion durch den Glossopharyngeus.

Die Unterkieferdrüse scheint ihre Nerven ebenfalls aus dem Trigeminus und dem Facialis zu erhalten. Bei den oben genannten Versuchen *Ludwig's* wurde der Lingualis des Trigeminus gereizt.

Die meisten Berechnungen über die in 24 Stunden abgeschiedene Speichelmenge stützen sich auf *Mitscherlich's* Beobachtung (*Rust's* Magazin Bd. 38. S. 491 und *Poggendorff's* Annalen Bd. 27. S. 320) bei einem Manne mit einer Speichelfistel. *Bidder* und *Schmidt* machen es wahrscheinlich, dass die Speichelabsonderung bei diesem Kranken bedeutend unter der regelmässigen Menge zurückblieb; ihre Beobachtungen an sich selbst und an Hunden, wenn sie auch eine stärkere Absonderung darthun, lassen uns aber doch auch unbefriedigt.

Bei stattfindender Reizung kann, wie die Versuche von *Becher* (Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 1. S. 276) nachgewiesen haben, in kurzer Zeit das Volumen der Drüse mehrmals abgesondert werden. Im nüchternen Zustande, wenn kein Reiz einwirkt, beobachtete *Mitscherlich* gar keine Absonderung, und mehrere Beobachter, unter andern *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 1. S. 263) fanden dies bei Pferden, Schaafen und Hunden bestätigt, denen Speichelfisteln angelegt wurden. Bei zwei Pferden, denen *Hekmeyer* hier in Utrecht eine Parotisfistel und eine Submaxillarfistel angelegt hatte, entleerte sich ausser der Zeit des Kauens auch kaum ein Tropfen. Indessen fällt es nicht schwer, an sich selbst die Fortdauer der Speichelabsonderung lange Zeit, nachdem Speisen aufgenommen wurden, wahrzunehmen. Bei wiederkauenden Thieren beobachtete *Colin* (*Compt. rendus T.* 35. *p.* 130) eine fortdauernde starke Absonderung der Parotis (200 bis 600 Grammen in der Viertelstunde beim Rinde) ohne Pause, so dass nur zwischen den Drüsen beider Seiten einiger Wechsel eintrat; in den übrigen Drüsen dagegen war die Absonderung intermittirend.

Wenn nun auch hieraus folgt, dass die Secretion in den verschiedenen Speicheldrüsen nicht constant stattfindet, so machen es doch die Versuche von *Becher* und *Ludwig* (Ebend. S. 278) sehr wahrscheinlich, dass die Bildung der organischen Bestandtheile des Speichels dessen ungeachtet fortwährend in den Drüsen vor sich geht. Sie haben nämlich nachgewiesen, dass, wenn die unmerkliche Speichelabsonderung in der Submaxillaris des Hundes durch Nervenreizung erhöht wurde, der zuerst aufgefangene Speichel die meisten organischen Bestandtheile führte, die im weitern Verlaufe der Reizung regelmässig abnahmen, während der Salzgehalt kaum einer Veränderung unterlag. Bei einem ersten Hunde sank der Gehalt an organischen Bestandtheilen von 1,23 auf 0,95 pCt., bei einem zweiten von 1,12 auf 0,58 pCt., bei einem dritten von 1,19 auf 0,27 pCt. Bei dem letztern sanken auch die anorganischen Stoffe regelmässig von 0,79 auf 0,48 pCt. Da sie ferner nachwiesen, dass der Wassergehalt des Blutes und Injection von Kochsalz dieses Gesetz nicht stören, und da die Abnahme des Gehalts an organischen Substanzen stundenlang fortdauerte, so kann man sich die Sache wohl nicht anders denken, als dass die in den Zellen bereiteten festen Bestandtheile der Drüse ausgespült werden. Indessen fanden wir bei uns selbst zu wiederholten Malen in der gemeinsamen Mundhöhlenflüssigkeit vor dem Frühstücke und vor dem Mittagessen die festen Bestandtheile in geringerer Menge, als nach dem Frühstücke und dem Mittagessen (*Nederl. Lancet. 3e Serie* II. 214). Vielleicht spült die schwächer alkalische Flüssigkeit vor der Aufnahme von Speisen weniger organische Substanz aus den Zellen aus.

Ludwig's Versuche über den Einfluss der Nerven auf die Speichelabsonderung (Mittheilungen d. Zürich. naturf. Gesellsch. Nr. 50) sind höchst merkwürdig. Allgemein war man der Ansicht, die Nerven wirkten nur mittelbar auf die Absonderungen, durch die Zwischenkunft contractiler Theile. Jene Versuche aber, welche unter andern auch durch *Kölliker* und *H. Müller* (Verhandlungen d. phys. med. Ges. in Würzburg. 1854. S. 215) Bestätigung fanden, thun auf zuverlässige Weise dar, dass die Nervenwirkung mehr einen directen Einfluss übt, der aber noch unerklärt ist. Vielleicht sind dabei die galvanischen Ströme im Spiele, für welche *Wiedemann* die Gesetze beim Durchtritte von Substanzen durch poröse Wandungen (*Poggendorff's* Annalen 1852. Nr. 11. S. 321) nachgewiesen hat.

Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass der hohe Druck, welchen *Ludwig* gefunden hat, kein normaler ist. Einmal nämlich ist die Nervenerregung wohl niemals so gross, als bei diesen Versuchen, und zweitens kann nur ein geringer Seitendruck stattfinden, so lange der Abfluss des Speichels frei ist, und an der Ausflussöffnung wird dieser Druck = 0.

Nach den Versuchen, welche *Rahn* (Züricher Mittheilungen Nr. 63 und Zeitschr, f. rat. Med. Bd. 1. S. 285) über die Wurzeln und Bahnen der Absonderungsnerven der Parotis beim Kaninchen angestellt hat, kommt dem Trigeminus und Facialis ein directer Einfluss auf die Secretion dieser Drüse zu; nur dem Glossopharyngeus hat er eine Reflexwirkung auf die genannten Nerven zugeschrieben, und den Vagus und Hypoglossus hat er bestimmt davon ausge-

schlossen. Er hat aber nicht genügend nachgewiesen, dass von den Gefühlsnerven des Trigeminus keine Reflexion darauf stattfinden könne. Wir halten eine solche für wahrscheinlich, weil die Reizung irgend eines Theils der Mundhöhle die Speichelabsonderung anregt. Auch hat *Bernard* (*Comptes rendus* 1852. *p*. 236) bereits nachgewiesen, dass die Secretion der Unterkieferdrüse des Hundes durch Reizung des centralen Stücks des Lingualis vermittelst Reflexion angeregt wird, und andere Aeste des Trigeminus wirken vielleicht durch Reflexion auf die Nerven der übrigen Speicheldrüsen. *Frerichs* (Art. Verdauung) beobachtete eine vermehrte Speichelabsonderung, wenn Nahrungsmittel unmittelbar durch eine Fistel in den Magen eingebracht wurden. Wenn sich diese Beobachtung bestätigen sollte, so würde damit erwiesen sein, dass eine Reizung der Magennerven sich auch auf die speichelabsondernden Nerven reflectiren kann. Bei pathologischen Zuständen des Magens kann die Speichelabsonderung nach *Frerichs* auch vermehrt sein.

§ 71. Wirkung des Speichels.

Die Mundhöhlenflüssigkeiten nützen auf doppelte Weise, mechanisch und chemisch. Die mechanische Einwirkung trifft nur die festen Substanzen, die chemische auch einige flüssige.

Die festen Nahrungsstoffe werden während des Kauens mit den genannten Flüssigkeiten gemengt. Die auch in Wasser löslichen Bestandtheile werden alsbald darin gelöst und erfüllen nun die Forderung, den Geschmacksnerven zu reizen. Die unlöslichen Bestandtheile werden in einen dicken Brei umgewandelt und so zum Verschlucken geeignet gemacht. Je trockner die Speisen sind, um desto länger werden sie gekaut und desto mehr Flüssigkeit nehmen sie in der Mundhöhle auf. Der flüssige Speichel aus der Parotis wirkt vornehmlich auflösend, jener aus den übrigen Drüsen und zumal aus den Schleimdrüsen mehr einwickelnd.

Ferner übt der Speichel auf einige Bestandtheile der Nahrung, namentlich auf das Stärkemehl, einen chemischen Einfluss aus. *Leuchs* hat zuerst wahrgenommen, dass Stärkemehl durch die Mundhöhlenflüssigkeiten in Dextrine und weiterhin in Traubenzucker umgewandelt wird. Da aber die Speisen nur kurze Zeit in der Mundhöhle verbleiben, so wurde dieser Umwandlung von den meisten Physiologen wenig oder gar keine Aufmerksamkeit geschenkt, da man von der Ansicht ausging, im Magen müsse der Einfluss des Speichels jenem des kräftigen Magensaftes weichen. Diese Ansicht hat aber zum Theil ihren Boden verloren, da es erwiesen ist, dass die Mundhöhlenflüssigkeiten durch Zusatz von Säuren ihren Einfluss auf das Stärkemehl nicht verlieren, und denselben auch noch innerhalb des Magens mehr oder weniger ausüben.

Die Eigenschaft, Stärkemehl in Zucker umzuwandeln, kommt

vielen Substanzen zu. Schwefelsäure und Diastase besitzen sie in hohem Maasse, und eben so kommt sie allen eiweisshaltigen und leimgebenden Geweben, so wie deren Auszügen und Abkochungen zu, wenn sie eine Zeit lang an der Luft standen und sich zu zersetzen anfangen. Aus diesem Grunde hat man dem Speichel eine specifische Eigenschaft der Art absprechen wollen; aber mit Unrecht. Der Speichel der Pflanzenfresser nämlich äussert diese Wirkung im frischen Zustande fast augenblicklich, und das ist nicht der Fall mit den genannten Substanzen, die ausserdem auch erst 24 Stunden oder länger an der Luft gestanden haben müssen.

Man darf sich aber nicht vorstellen, dass alles Stärkemehl in unsern Nahrungsmitteln lediglich durch die Mundhöhlenflüssigkeiten in Zucker umgewandelt wird. Wird Stärkemehl eingeführt, welches durch Kochen nicht vollständig aufgelöst ist, so trifft man überall in den dünnen Därmen, ja bis in die dicken Gedärme hin, und in seltenen Fällen selbst noch im Kothe Spuren von Stärkemehl an. Und inzwischen hat sich doch in den dünnen Gedärmen der pankreatische Saft und der Darmsaft mit dem Chymus gemengt, welche Flüssigkeiten eben so, wie jene der Mundhöhle, das Vermögen besitzen, Stärkemehl in Zucker umzuwandeln.

Die Fähigkeit, Stärkemehl in Zucker umzuwandeln, wurde gleich Anfangs dem Speichel zugeschrieben, obwohl man dieselbe nur von den gemischten Flüssigkeiten der Mundhöhle kannte. Nachdem *Magendie* wahrgenommen hatte, dass weder der Parotis- noch der Submaxillarspeichel einen besondern Einfluss auf das Stärkemehl äussern, schrieb *Bernard* diesen ausschliesslich der Schleimhaut der Mundhöhle zu. Die Wahrheit ist, dass der Speichel eben so wie der Mundschleim das Stärkemehl langsam in Zucker umwandelt, dass aber nur ein Gemenge beider (bestimmter des Mundschleims und des Submaxillarsecrets) sich vor vielen andern Flüssigkeiten durch die ungewöhnliche Schnelligkeit, womit es diese Umwandlung zu Stande bringt, auszeichnet.

Man hat noch nach einer besondern Substanz in den Flüssigkeiten der Mundhöhle gesucht, denen diese ihre specifische Eigenschaft verdanken sollten. Als solche betrachtete *Mialhe* einen durch absoluten Alkohol sich präcipitirenden Körper, den er als Speicheldiastase bezeichnete. Erwägt man, dass nur die gemischten Flüssigkeiten der Mundhöhle eine fast unmittelbare Wirkung auf das Stärkemehl äussern, so scheint man zu dem Schlusse berechtigt zu sein, dass diese Wirkung nicht einem einzelnen chemischen Principe

zugeschrieben werden darf; auch wird wohl ohne Zweifel durch den absoluten Alkohol ein Gemenge verschiedener Substanzen (Speichelstoff, Schleim, Salze u. s. w.) niedergeschlagen. Uebrigens haben andere die specifische Wirkung, welche *Mialhe* seiner Speicheldiastase zuschrieb, nicht bestätigen können. Gewissermaassen bestätigend jedoch fanden *Kölliker* und *H. Müller*, dass das Alkoholextract des trocknen Speichels auf das Stärkemehl ohne Wirkung ist, die natürlicher Weise dem Wasserextracte zukommt.

Der Speichel gehört zu den Flüssigkeiten, welche sehr schnell zersetzt werden. Mit Schleim gemengt nimmt er gern Luft auf, wodurch vielleicht auch noch die Umwandlung im Magen befördert wird (*Liebig*). Wahrscheinlich hat die Eigenschaft der Mundhöhlenflüssigkeiten, Stärkemehl in Zucker umzuwandeln, ihren Grund in einer Umwandlung, welcher die Bestandtheile des Speichels selbst unterliegen.

Ein besonderer Einfluss des Speichels auf die Verdauung anderer Bestandtheile der Nahrung ist bis jetzt mit Sicherheit nicht nachgewiesen.

Lassaigne, *Magendie* und *Rayer* fingen bei Pferden die Nahrung, welche sie gekaut und verschluckt hatten, durch eine künstliche Fistel am Oesophagus wieder auf. Sie fanden so, dass Hafer, Mehl, besonders aber Stroh und Heu, vor dem Verschlucken mit dem mehrfachen Gewichte an Flüssigkeit gemengt werden. Wenn *Bernard* behauptet, bei mehr flüssigen Nahrungssubstanzen würden gar keine Flüssigkeiten beigemengt, so können wir hiermit nicht ganz einstimmen. Bei Hunden mit Oesophagusfisteln schien uns das ausfliessende Wasser aus der Mundhöhle Flüssigkeit aufgenommen zu haben. *Lassaigne* (*Journ. de Chimie méd.* 1846. *p.* 389) bestätigte es für den Menschen, dass die Nahrungssubstanzen um so mehr aufnehmen, je trockner sie sind. Brod und Fleisch nehmen aber nur selten ihr eignes Gewicht während des Kauens auf, sondern im Allgemeinen viel weniger.

Leuchs (*Kastner's* Archiv 1831) hat zuerst dargethan, was alsbald von *Schwann* (*Poggendorff's* Annalen Bd. 38. S. 358) und andern bestätigt wurde, dass die Mundhöhlenflüssigkeiten das Stärkemehl schnell in Dextrine und in Zucker umwandeln. *Lassaigne* (*Comptes rendus* 1845. *T.* 20. *p.* 1347) entdeckte dann, und *Magendie* so wie mehrere deutsche Physiologen bestätigten es, dass dem reinen Speichel diese Eigenschaft nicht in höherem Grade zukommt, als manchen andern thierischen Stoffen. Dass dieselbe ebensowenig in dem specifischen Schleime der Mundhöhle ihren Sitz hat, wohin sie *Bernard* und *Barreswil* (*Comptes rendus* 1845. *T.* 21. *p.* 45) ausschliesslich verlegen wollten, das hat *Jacubowitsch* ausser Zweifel gestellt. Dieser hat auf überzeugende Weise nachgewiesen, dass die vereinigten Flüssigkeiten der Mundhöhle dazu erforderlich sind. Bei einem Hunde mit künstlicher Magenfistel fand er, wenn das Thier gekochtes Stärkemehl bekommen hatte, stets Zucker im Mageninhalte; wenn dagegen die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen zuvor unterbunden worden waren und das gekochte Stärkemehl durch die Fistel in den Magen eingeführt wurde, so fehlte der Zucker. Er überzeugte sich auch davon, dass der Mundhöhlenschleim, wenn die Parotis und Submaxillaris unterbunden sind, keine besondere Wirkung auf das Stärkemehl ausübt. Diese Angaben von *Jacubowitsch* haben wir im Allgemeinen richtig gefunden. Ausdrücklich müssen wir *Bidder* und *Schmidt* darin beistimmen, dass die Parotisflüssig-

keit (des Pferdes) zur Umwandlung des Stärkemehls gar nichts beiträgt: das Submaxillarsecret in Verbindung mit dem Mundschleime bildet das eigenthümliche Ferment. Werden diese gemengten Flüssigkeiten filtrirt, so wirken sie noch gleich kräftig ein; mithin können die morphologischen Elemente darin keine besondere Bedeutung haben. Wenn *Jacubowitsch* behauptet, die Mundschleimhaut könne durch Nasenschleim ersetzt werden, so sind *Bidder* und *Schmidt* der Meinung, es seien mit dem Nasenschleime zugleich Flüssigkeiten aus der Mundhöhle aufgefangen worden.

Später glaubte *Bernard* (*Arch. génér. de Méd. Janvier* 1847) bewiesen zu haben, dass die Flüssigkeiten der Mundhöhle bei der Umwandlung des Stärkemehls in Zucker durchaus keine wesentliche Rolle spielten, welcher Ansicht früherhin die meisten Physiologen (*Schwann* ausgenommen) zugethan waren, weil sie sich dachten, der saure Magensaft müsse dieser Umwandlung im Wege stehen. *Bernard* behauptete nämlich, wie früher schon *Sebastian* (*van Setten, de saliva ejusque vi et utilitate. Groning.* 1837), dass die Eigenthümlichkeit der Mundhöhlenflüssigkeiten auf ihrer alkalischen Reaction beruhe. Nach unsern Untersuchungen, so wie nach jenen von *Jacubowitsch*, von *Frerichs*, von *Lehmann* dürfen wir diese Angabe als eine falsche bezeichnen, wenngleich allerdings, wie *Frerichs* mit Recht anführt, der saure Speichel nicht gleich schnell und kräftig wirkt. Es hat sich herausgestellt, dass die Flüssigkeiten der Mundhöhle, mit etwas Säure versetzt, ihre umwandelnde Eigenschaft nicht verlieren, dass eine Mischung von Magensaft und Mundhöhlenflüssigkeit, mag sie sauer, alkalisch oder neutral sein, das Stärkemehl rasch in Zucker umzuwandeln vermag (*Jacubowitsch* und *Lehmann*), und dass diese Umwandlung auch dann vor sich geht, wenn das Stärkemehl direct durch eine Magenfistel in den Magen gebracht wird. Dass aber im letztern Falle die Umwandlung unter Mitwirkung verschluckter Mundhöhlenflüssigkeit stattfindet, und dem Magensafte diese Eigenschaft abgeht, das wurde ebenfalls von *Jacubowitsch* dargethan: als er bei einem Hunde die Kanäle der Speicheldrüsen unterband, hörte die Zuckerbildung im Magen auf.

Die oben genannte Behauptung *Bernard's*, zu welcher *Bidder* und *Schmidt* nach unserer Ansicht mit Unrecht ebenfalls hinneigen, ist nur ein ergänzender Theil seiner Theorie, wornach alle sogenannten Fermente der Verdauung gleicher Art sind, und jenes des Speichels sowohl als jenes des Magensaftes in einer sauern Flüssigkeit Proteinverbindungen auflöst, in einer alkalischen dagegen Stärkemehl in Zucker umwandelt. Es hat aber *Frerichs* nicht gelingen wollen, durch sauern Speichel geronnenes Eiweiss zur Auflösung zu bringen, und sodann ist es eine ausgemachte Sache, dass im Magen die Zuckerbildung statt hat. Ob der Speichel hier zur Auflösung der Proteinverbindungen etwas beiträgt, das ist dagegen sehr zweifelhaft.

Ist das Stärkemehl nicht durch Kochen scheinbar auflöslich geworden, oder ist es in Zellmembranen eingeschlossen, wie bei Kartoffeln, bei Grütze u. s. w., dann geht es grossentheils als Stärkemehl in den Darm über. So fanden wir bei einem Ertrunkenen, welcher mehrere Stunden zuvor gekochte Grütze genossen hatte, kleine gallertartig aufgeschwollene, deutlich stärkemehlhaltige Grützkörnchen bis zum untersten Theile der dünnen Gedärme herab. Die mikroskopische Untersuchung der Contenta von Magen und Darm, wie sie besonders von *Frerichs* mit Sorgfalt ausgeführt wurde, wird bei dieser wie bei andern Fragen mit Vortheil zu Rathe gezogen.

Nur auf das Stärkemehl ist bis jetzt eine besondere Einwirkung der Mundhöhlenflüssigkeiten nachgewiesen; indessen sind sie vielleicht auch für manche andere Bestandtheile der Nahrung von Bedeutung. Wenigstens verdient das vergleichend-anatomische Moment Beachtung, dass den Fleischfressern, welche kein Stärkemehl verzehren, die Speicheldrüsen gleichwohl nicht fehlen. Einen Brei aus Fleisch und Brod, mit Speichel gemischt, fand *Wright* nach 3 Stunden im Magen eines Hundes weit mehr aufgelöst, als wenn er einen ähnlichen Brei durch die Magenpumpe in den Magen einführte und dann den Oesophagus unterband. Er glaubt auch dem Speichel einen förderlichen reizenden Einfluss

auf den Magen zuschreiben zu dürfen: indessen sah *Lehmann* bei Hunden keine besondere Wirkung, wenn er Speichel durch Magenfisteln einführte.

Bei allen diesen Zuckeruntersuchungen benutzt man die Zuckerprobe von *Trommer* und *Barreswil*. Wo Stärkemehl zugegen ist, da muss aber der Zucker durch Alkohol isolirt werden, bevor man diese Probe anwendet, weil während der Untersuchung selbst aus dem Stärkemehl sich Zucker bilden könnte. Aber auch dann bleibt der Versuch noch unsicher. Denn mehreren anderen Substanzen kommt ebenfalls die Eigenschaft zu, Kupferoxydul auszuscheiden, und ausserdem findet bei einem geringen Zuckergehalte oftmals auch gar keine Reaction statt, namentlich wenn zuviel Probeflüssigkeit genommen wird. Dem allein schreiben wir die schwankenden Resultate zu, welche wir sowohl als andre (s. *Bidder* und *Schmidt*) erhielten.

§ 72. Schlundkopf und Speiseröhre.

Am Schlundkopfe kann man nach *Todd* und *Bowman* zwei Abtheilungen unterscheiden: der obere oder Respirationsabschnitt trägt ein Flimmerepithelium, welches von der Nase aus dahin kommt, seine Wandungen berühren sich niemals und seine Höhle ist mit Luft gefüllt; der untere oder Digestionsabschnitt ist mit einem geschichteten Pflasterepithelium, einer Fortsetzung aus der Mundhöhle bedeckt, er kann sich erweitern und verengern und lässt die Speisen aus der Mundhöhle in die Speiseröhre hinabtreten. Das Verdauungsrohr setzt sich also ohne Unterbrechung in den Schlund fort, während der Athmungsapparat von der Nasenhöhle bis zum Schlundkopfe hin durch einen Theil des Verdauungsrohres unterbrochen wird. Die Wände des Schlundkopfes bestehen zuvörderst aus einer Schleimhaut, welche durch eine Bindegewebsschicht von den Muskeln getrennt wird. Nach aussen befindet sich noch eine andere Bindegewebsschicht, welche von vielen elastischen Fasern durchzogen wird. Die Schleimhaut besitzt traubenförmige Schleimdrüschen und *Glandulae folliculares*, in grösster Menge im Respirationsabschnitte, wo letztere zwischen den beiden Oeffnungen der *Tubae Eustachianae* ausgebreitete, mehr zusammengesetzte Drüsen bilden, die mit den Mandeln verglichen werden können. Nach dem Oesophagus zu nehmen auch die traubenförmigen Schleimdrüschen an Menge zu. Nur im Digestionsabschnitte des Schlundkopfes besitzt die Schleimhaut kleine Papillen, die aber nicht so entwickelt sind, wie in der Mundhöhle. Sie ist reich an Blut- und Lymphgefässen und enthält viele, meistens dünne Nervenfasern.

Die Speiseröhre ist ein Rohr, welches aus den nämlichen Schichten besteht, wie der Schlundkopf; der obere Theil dieses Rohrs ist enger und mehr abgeplattet. Die blasse, längsfaltige

Schleimhaut trägt kleine unvollkommene Wärzchen und ist mit einem dicken, stark verhornten, geschichteten Pflasterepithelium bedeckt; sie enthält nur sparsame traubenförmige Schleimdrüschen, die blos im untersten Theile zunehmen und nahe der Cardia die sogenannten *Glandulae cardiacae* bilden, und sie wird von zahlreichen, glatten, längslaufenden Muskelbündeln durchwebt, welche aus Faserzellen bestehen. Das Bindegewebe unter der Schleimhaut, bis wohin die grösseren Drüschen reichen, ist sehr ausdehnbar, so dass sich die Häute auf einander verschieben können. Die Muskellage des Oesophagus ist $\frac{3}{4}$ bis 1 Linie dick und besteht nach innen (zu $\frac{1}{3}$) aus ringförmigen, nach aussen (zu $\frac{2}{3}$) aus längslaufenden Muskelbündeln. Diese sind nach oben ganz dünne, quergestreifte Primitivbündel, an deren Stelle nach unten allmählig Faserzellen treten. Eine Schicht Bindegewebe trennt die beiderlei Muskellagen von einander. Die quergestreiften Bündel gehen vom *Constrictor pharyngis inferior* und vom Ringknorpel aus, die glatten setzen sich in die Muskelhaut des Magens fort. Sehr reich an elastischen Fasern ist die Schleimhaut und vornehmlich jenes Bindegewebe, welches die Muskelschicht von aussen bedeckt.

Die Drüschen des Schlundkopfes sind von *Mayer* (Neue Untersuchungen aus d. Anat. u. Phys. 1842) und besonders von *Tourtual* (Neue Untersuchungen über den Bau d. menschl. Schlund- u. Kehlkopfs. 1846) genau beschrieben worden. In grösster Menge kommen sie in jenem Abschnitte vor, welcher von *Todd* und *Bowman* (*Anat. and Phys. of Man. P. III. p.* 185) als respiratorischer bezeichnet wird, mit dem die verschluckten Speisen nicht in Berührung kommen. Andere Drüschen, deren von andern gedacht wird, konnten wir so wenig, als *Frerichs* und *Kölliker* neben den beschriebenen traubenförmigen im Oesophagus finden.

Glatte Muskelbündel in den Schleimhäuten wurden zuerst von *Middeldorff* (*Disquisitiones de gland. Brunnerianis. Vratisl.*) beschrieben, und unabhängig von diesem wurden sie später von *Brücke* (Sitzungsberichte der Wiener Akad. Febr. 1851) so wie von *Kölliker* (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 3. S. 106) gefunden. *Kölliker* hat sie zuerst in der Schleimhaut des Oesophagus beschrieben und auch nachgewiesen (Mikroskop. Anat. Bd. 2. S. 128), dass sie hier (beim Schweine) auf mechanische Reize sich zusammenziehen. Sie erscheinen hier in der Form einzelner durch dünne Bindegewebslagen getrennter Längsbündel, die nur wenig von der Oberfläche der Schleimhaut (der Basis der Wärzchen) entfernt sind. Diese Wärzchen sahen wir nicht so deutlich, als *Kölliker* sie abbildet; sie werden manchmal nur durch die sich mehr erhebenden kleinen Zellen des Epitheliums angedeutet.

Die Stelle, wo die quergestreiften Muskelbündel ganz aufhören, scheint beim Menschen eben so wenig fest zu stehen, als bei niedrigeren Thieren. *Todd* und *Bowman* (Vol. I. p. 160. Vol. II. p. 188) fanden wenigstens diese Stelle manchmal in der obern Hälfte der Speiseröhre, andere Male dagegen auch nur 1 Zoll vom Magen entfernt. Wir haben es eben so gefunden. Auf Längsdurchschnitten des getrockneten Oesophagus lässt sich die Sache bequem erkennen. Einzelne kleine Bündel lassen sich in der Längsschicht meistens sehr tief verfolgen. Diese Unbeständigkeit erklärt wohl die widersprechenden Angaben verschiedener Autoren (*Kölliker* a. a. O. S. 127). Im Oesophagus des

Hundes und der Maus sah *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 5. S. 78) die Muskelfasern in unregelmässigen Spiralen verlaufen. Nur im obersten Theile kamen längsverlaufende Fasern vor. — Eine genaue Beschreibung des Schlundkopfes, namentlich in beschreibend-anatomischer Beziehung, lieferte *W. Trew* (*Todd's Cyclop. of Anat. and Phys.* Art. *Pharynx*).

Zweites Kapitel.

Verdauung durch die Magenflüssigkeiten.

Wasmann, *de digestione nonnulla. Berol.* 1839.
Hübbenet, *Disquisitiones de succo gastrico. Dorpati* 1850.

§ 73. Die Wände des Verdauungsrohrs im Allgemeinen.

Die unterhalb des Zwerchfells gelegene Abtheilung des Verdauungsrohrs (Magen und Darmrohr) lässt im Allgemeinen (Fig. 59) drei Häute unterscheiden: eine seröse Haut (*a*), eine Muskelhaut (*b*) und eine Schleimhaut (*c*). Die seröse Haut erleichtert durch ihre glatte Oberfläche die Bewegung dieser Theile. Die Muskelhaut ist contractil und vermöge dieser Eigenschaft bildet sie das active Bewegungsorgan des Darmkanals.

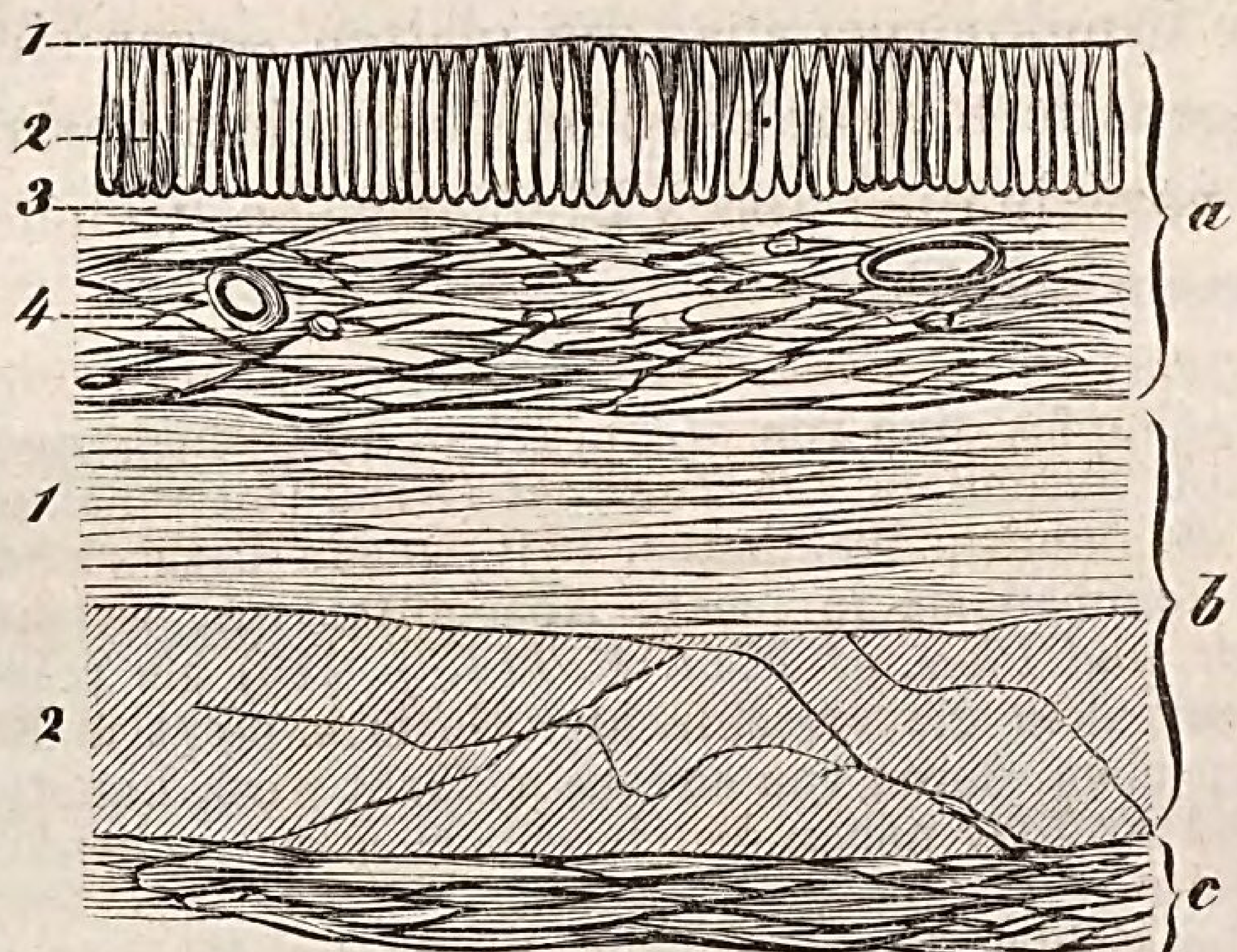


Fig. 59.

Die Schleimhaut ist in doppelter Beziehung von hoher Wichtigkeit: als Absonderungsorgan und als Organ für die Aufsaugung. Die seröse Haut und die Muskelhaut stimmen in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungsrohrs ziemlich überein, wir handeln deshalb über diese Häute im Allgemeinen. Die Schleimhaut dagegen zeigt in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungsrohrs bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten, so dass es nöthig wird, sie für jeden der grossen Abschnitte besonders zu beschreiben.

Fig. 59. Schematischer Querdurchschnitt des Verdauungsrohrs. — *a* Die seröse Schicht. *b* Die Muskelschicht, bestehend aus längslaufenden (2) und aus ringförmig verlaufenden (1) Muskelfasern. *c* Die Schleimhaut mit dem *Stratum submucosum* (4), der dünnen Muskellage (3), der Drüsenschicht (2) und dem Cylinderepithelium (1).

§ 74. Bauchfell.

Das Bauchfell (*Peritoneum*) bekleidet die ganze äussere Wand der Bauchhöhle und setzt sich auf die in derselben enthaltenen Organe fort. Einige von diesen Organen berühren unmittelbar die Bauchwandung, mit der sie durch ein lockeres Bindegewebe vereinigt werden: diese werden nur an der freien Fläche von der serösen Haut überzogen. Vom Verdauungsrohr gehören der Zwölffingerdarm und der Mastdarm zum guten Theil zu diesen Organen, die übrigen Därme dagegen so wie der Magen werden von allen Seiten vom Bauchfelle umhüllt. Der Leerdarm, der Krummdarm, das *Colon transversum*, zum Theil auch der Blinddarm liegen entfernt von der Bauchwand, oder sie können sich doch wenigstens von derselben entfernen, da die serösen Lamellen eine Strecke weit frei verlaufen als s. g. Gekröse, bevor sie die Gedärme erreichen. Deshalb kommt ihnen eine gewisse Beweglichkeit zu, welche den übrigen enger an die Bauchwand gehefteten Därmen fehlt. Zwischen den verschiedenen Gedärmen und den übrigen in der Bauchhöhle liegenden Organen findet sich nirgends ein Zwischenraum, der etwa mit Luft oder mit Transsudat angefüllt wäre: überall stehen die feuchten Oberflächen der serösen Haut in unmittelbarer Berührung mit einander. Bei den Bewegungen schieben sich daher diese Organe über einander weg, und die seröse Haut mit ihrer glatten Oberfläche ist als ein passives Bewegungsorgan zu betrachten.

Das Parietalblatt des Bauchfells hat etwa 0,04 bis 0,06 Lin. Dicke; das Visceralblatt ist nur halb so dick, nämlich 0,02 bis 0,03 Lin. Es besteht das Bauchfell aus deutlichen Bindegewebsbündeln, mit elastischen Fasern durchzogen; an der vordern Bauchwand sind sie am dicksten und sie bilden hier dichte Netze. Nach der freien Oberfläche hin, die mit einem gewöhnlichen einfachen Pflasterepithelium bedeckt ist, stellt das Bauchfell allmählig eine structurlose Schicht (*basement membrane*) dar. An der verwachsenen Oberfläche geht das dichte seröse Gewebe mit scharfer Begrenzung in das subseröse Bindegewebe über, welches auf den Därmen nur eine dünne Schicht bildet und als Perimysium zur Muskelhaut sich fortsetzt. In diesem lockern Bindegewebe verlaufen einzelne kleine Gefässstämme, die nur in den tiefern Schichten des eigentlichen Bauchfells Capillarnetze mit sehr weiten Maschen bilden. Nerven

kommen kaum darin vor. Zweifelhaft ist es, ob die Lymphgefässe, welche hin und wieder, z. B. am Magen, in grosser Menge im subserösen Gewebe angetroffen werden, zur eigentlichen serösen Haut in einer Beziehung stehen.

Die vielen elastischen Fasern, welche in der serösen Haut der vordern Bauchwand sich vorfinden, ertheilen dieser einen gewissen Grad von Elasticität, die den übrigen Abschnitten des Bauchfells, einige Ligamente ausgenommen, abgeht. Die oberflächliche structurlose Schicht lässt sich nicht isoliren. Das subseröse Gewebe enthält an mehreren Stellen (Gekröse, Nieren, *Appendices epiploicae* des Dickdarms) viel Fett. *Purkinje* (*Müller's* Archiv 1845. S. 292) konnte durch Essigsäure keine Nerven zur Ansicht bringen. Die reichlichen Nervenbündel, welche *Bourgery* abbildete, hat *Pappenheim* (*Comptes rendus* 1845. *p.* 1218) mit Recht als blosse Bindegewebsbündel bezeichnet. *Kölliker* (Mikrosk. Anat. Bd. 2. S. 132) sah im *Lig. coronarium hepatis* einzelne feine Nervenfasern, und wir selbst sahen einige dickere an den auf Gekrösarterien verlaufenden Nervenästchen.

Merkwürdig ist der Uebergang der serösen Haut in die Schleimhaut an den Mündungen der Fallopischen Röhren, weil er darthut, dass keine scharfe Grenze zwischen den beiderlei Häuten besteht. S. über die serösen Häute die Allg. Phys.

§ 75. Muskelhaut des Magens und der Gedärme.

Die Muskelhaut des Magens und der Gedärme enthält glatte Muskelfasern, welche durch ein Perimysium in Bündel gesondert werden. Die Faserzellen sind sehr lang bis zu $\frac{1}{10}$ Lin. und auf Querdurchschnitten (Fig. 60) sehr leicht zu erkennen, zumal in der Längsfaserschicht der dicken Därme, wo sie am breitesten werden. Das Perimysium, welches die Muskelbündel vereinigt, hängt einerseits mit dem subserösen Bindegewebe, andererseits mit dem submucösen Bindegewebe zusammen.

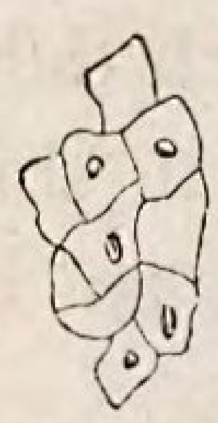


Fig. 60.

Am Dünndarme bildet die Muskelhaut eine äussere dünnere Schicht, die aus Längsfasern besteht, und eine innere dickere Schicht aus Ringfasern. Im obern Theile des Dünndarms ist die Muskelhaut dicker als nach unten, im Mittel $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ Lin. dick. — Am Dickdarme bilden die Ringfasern eine im Ganzen etwas dünnere Schicht, ohne eine sonstige Verschiedenheit. Die Längsschicht dagegen wird durch drei dicke, verhältnissmässig schmale Streifen ersetzt, die am *Coecum* anfangen und an der *Flexura sigmoidea* sich auszubreiten

Fig. 60. Faserzellen der Muskelschicht des menschlichen Magens im Querdurchschnitte; 450fache Vergrösserung. In jenen, welche in der Mitte durchschnitten wurden, hat sich der Kern von der Wandung der Faserzelle entfernt. Durch Essigsäure und durch schwache Natronlösung werden die Kerne deutlicher.

anfangen, so dass sie am Mastdarme ebenfalls eine zusammenhängende Schicht bilden, die nach unten zu, gleich der Ringfaserschicht, sich stark verdickt.

Complicirter sind die Muskelschichten des Magens. Man unterscheidet gewöhnlich äussere längslaufende, mittlere ringfaserige und innerste schiefe Bündel, die aber nicht überall zusammenhängende Schichten bilden. Die Dicke aller Muskelschichten zusammen ist sehr ungleich. Gleich den übrigen Häuten des Magens sind sie am Magengrunde am dünnsten ($\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ L.); in der Mitte des Magens werden sie $\frac{1}{2}$ L. dick, und in der *portio pylorica* erreichen sie die grösste Dicke von $\frac{3}{4}$ — 1 L. Die Längsbündel des Oesophagus setzen sich zum Theil als oberflächliche Lage auf den Magen fort, wo sie sich bis zu einem gewissen Abstande vom Magenmunde nach allen Richtungen hin strahlenförmig ausbreiten. Die Längsbündel am Magengrunde, an der grossen Curvatur des Magens und eine dicke Schicht zunächst dem Pylorus sind als selbstständige Muskelbündel des Magens anzusehen. — Die Ringfaserbündel finden sich am Magengrunde und besonders vom Magenmunde an bis zum Pförtner, wo sie den *Sphincter pylori* bilden. Verfolgt man die Ringfasern vom Magengrunde nach dem Magenmunde hin, so sieht man, dass sie hier allmählig in die dritte Muskelschicht, in die schiefen Bündel übergehen. Diese bilden an der linken Seite des Magenmundes eine sehr dicke Schicht, die sich von hier auf der vordern wie auf der hintern Fläche des Magens bis zum *Fundus ventriculi* fortsetzt, und bis zum Anfange der *pars pylorica* rechts nach unten sich fächerförmig ausbreitet, wobei sie jedoch so dünn wird, dass die Schleimhaut an vielen Stellen unbedeckt davon bleibt. Nur die untersten Ringfasern des Oesophagus bilden einen *Sphincter cardiae;* denn wenn auch von den beschriebenen schiefen Fasern manche an die rechte Seite der Cardia verlaufen, so umgeben sie diese doch nicht ringförmig.

Die Beschreibung der Muskelschichten des Magens haben wir grossentheils nach *Kölliker* (Mikr. Anat. Bd. 2 S. 132) gegeben. — Durch *Treitz* (Prager Vierteljahrsschr. 1853. Bd. 1. S. 113) wurde ein *Musculus suspensorius duodeni* beschrieben. Derselbe geht am obern Umfange der *Flexura duodeno-jejunalis* und zum Theil an der *Flexura transversa inferior* von der Längsmuskelschicht des Darms aus, und verliert sich mit elastischen Fäden in dem festen Bindegewebe, welches den Stamm der *Mesenterica superior* und der *Coeliaca* umgiebt und die Ganglien und Nerven des *Plexus coeliacus* umhüllt und fixirt.

§ 76. Magenschleimhaut.

An der Schleimhaut des Verdauungsrohrs (Fig. 59. *c*) unterscheidet man: 1) ein Cylinderepithelium (1); 2) eine Drüsenlage (2), die fast überall aus blinddarmförmigen Drüschen besteht; 3) eine dünne Muskellage (3), deren Faserzellen an manchen Stellen zwischen den Drüschen bis nahe zur Oberfläche sich ausbreiten; 4) eine Bindegewebsschicht (*Stratum submucosum*), worin sich zerstreute Fettzellen und die kleinen Gefäss- und Nervenstämmchen für die Schleimhaut befinden, weshalb sie auch wohl als *Tunica vascularis* oder *Tunica nervea* bezeichnet wird.

Die Magenschleimhaut ist sehr weich, röthlich - graulich gefärbt, sehr blass in der Nähe des Pylorus, und während der Verdauung färbt sie sich durch reichere Zufuhr von Blut hellroth. In der Nähe des Pylorus ist die Schleimhaut $\frac{3}{4}$ — 1 Lin. dick; ihre Dicke nimmt aber rasch ab, und in der Nähe des Magenmundes hat sie nur noch ein Viertel jener Dicke. Sie besitzt viele Runzeln, die sich bei der Ausdehnung des Magens verlieren, und nicht sel-

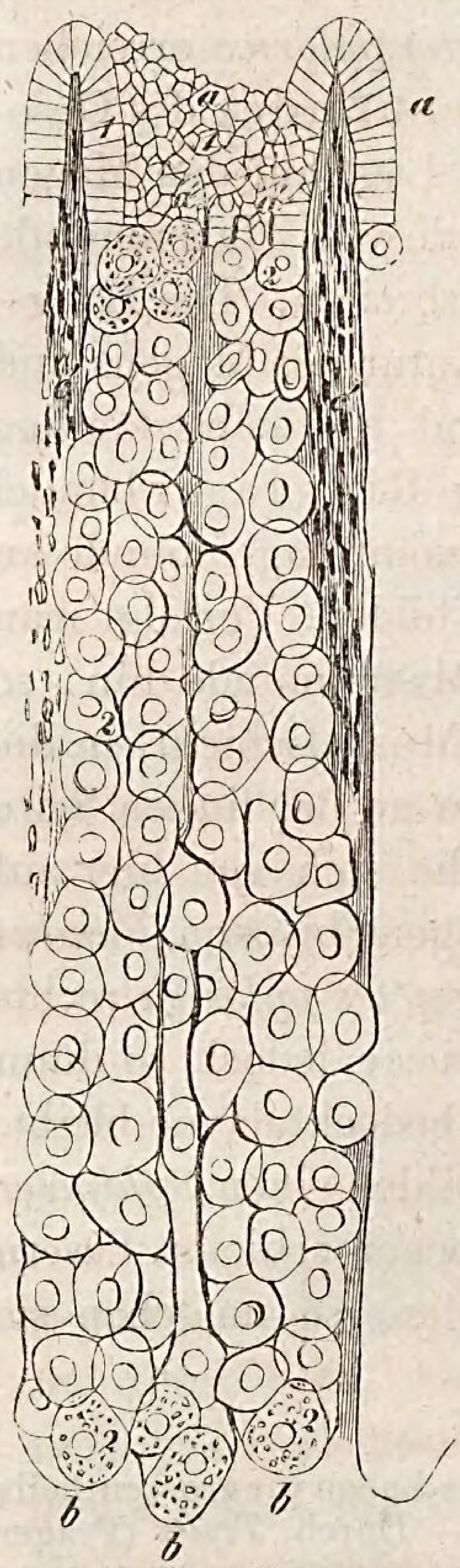


Fig. 61.

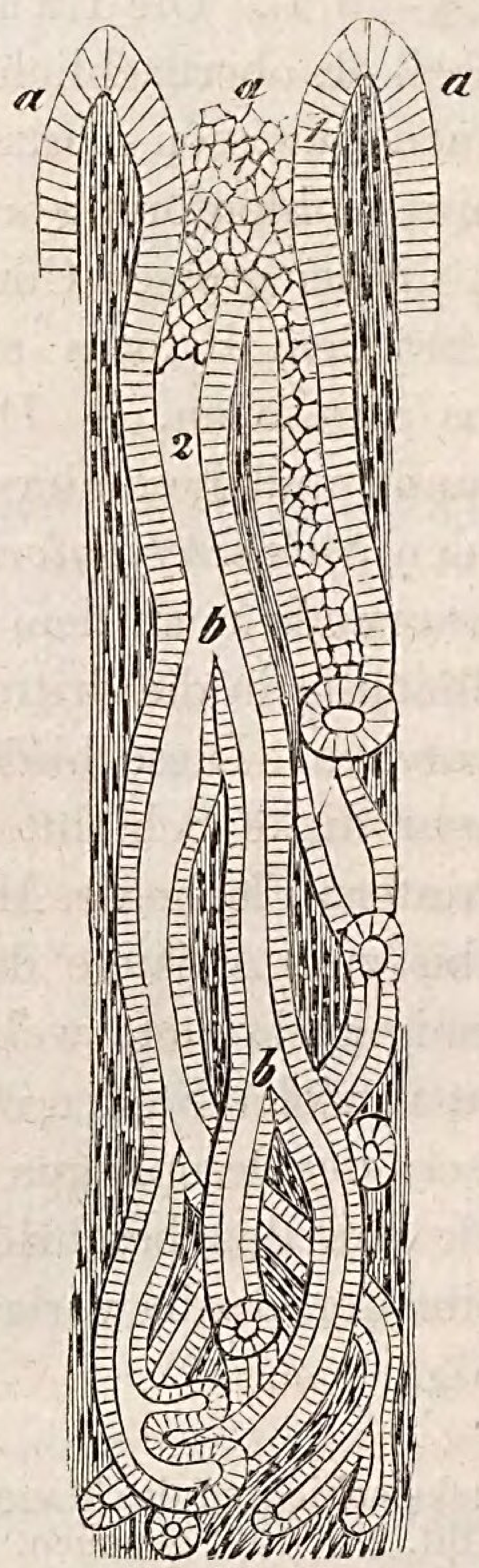


Fig. 62.

Fig. 61. Labdrüsengruppe aus dem menschlichen Magen. *aa* Grübchen oder Magenzellen. *áá* Theilung in zwei Kanäle. *bbb* Die Enden einzelner Drüschen. *cc* Bindegewebe zwischen den Drüsengruppen. 1 1 Cylinderepithelium an und in den Magenzellen. 2 2 2 2 Labzellen.

Fig. 62. Schleimdrüse aus dem menschlichen Magen. *aaa* Grübchen oder Magenzellen. *bb* Theilungen der Drüsenkanäle. 1 1 Cylinderepithelium in der ganzen Länge der Drüsenkanälchen. 2 Eine in das Grübchen *a* mündende Drüsengruppe.

ten bemerkt man in ihr kleine, vieleckige Erhabenheiten von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ L. Durchmesser (*Etat mamelonné*). Wird der Schleim von der Oberfläche abgespült, so bemerkt man nach dem Pylorus hin überall oberflächliche Eindrücke oder Grübchen (Fig. 61 u. 62 *a*) von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{15}$ L. Durchmesser, die mit der Loupe recht gut zu erkennen sind. In jedem solchen Grübchen (Magengrübchen [*stomach cells*] bei *Todd* und *Bowman* genannt) mündet eine Gruppe röhrenförmiger Drüschen (Fig. 61 u. 62 *b*) aus, deren Länge zur Dicke der Schleimhaut im Verhältniss steht. Es sind aber zweierlei Drüschen zu unterscheiden, nämlich Labdrüsen und Schleimdrüsen.

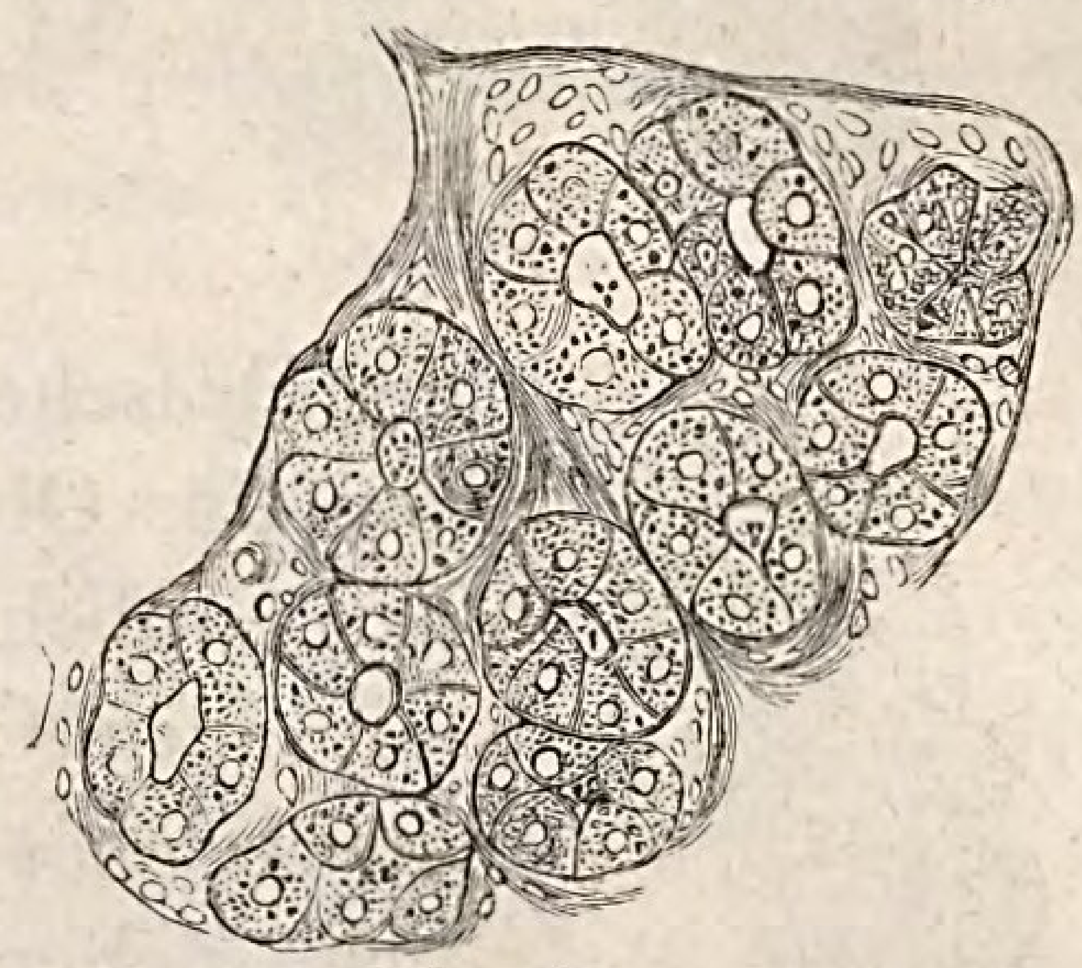


Fig. 63.

Die Labdrüsen (Fig. 61) kommen beim Menschen (und bei den Fleischfressern) in der ganzen Ausbreitung der Schleimhaut vor, ausgenommen in der *Portio pylorica*. Jedes Grübchen (*a*) theilt sich gewöhnlich in zwei kurze Kanäle (*á*), in welche sich 4 bis 8 Labdrüschen (*b*) öffnen, Röhrchen von $\frac{1}{45}$ Lin. Durchmesser, welche senkrecht zur Oberfläche der Schleimhaut gestellt sind und geradlinigt bis zur Muskelschicht reichen, ohne sich zu verästeln. Auf Längsdurchschnitten sieht man nur zwei oder drei solche Labdrüschen (*b b b*), auf einem Querdurchschnitte (Fig. 63) dagegen überzeugt man sich leicht davon, dass sie in grösserer Anzahl vorhanden sind. Man sieht dann auch zugleich, dass die einzelnen Drüschen-

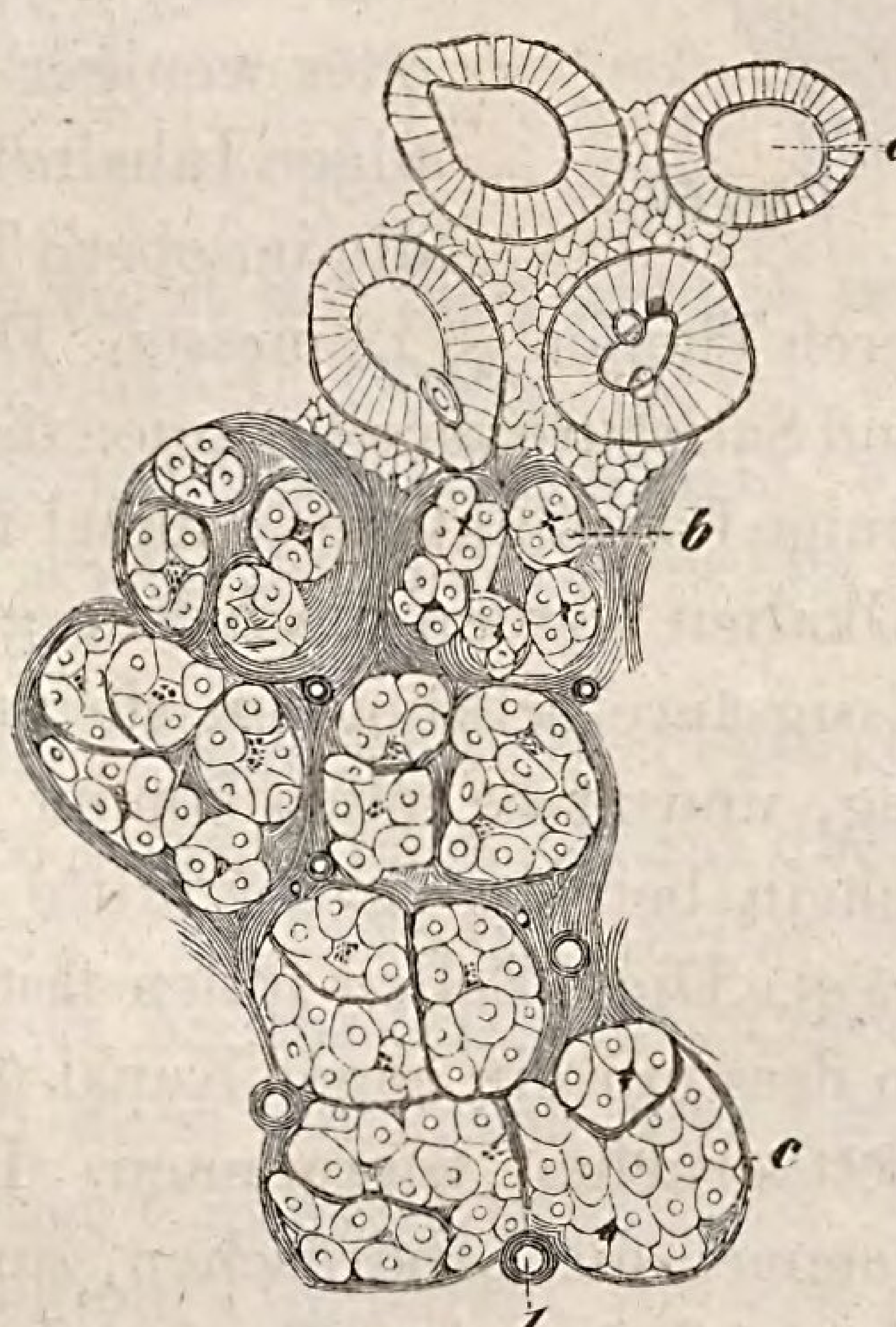


Fig. 64.

Fig. 63. Querdurchschnitt zweier Gruppen von Labdrüsen des menschlichen Magens: die eine von 5, die andere von 6 Drüschen. Der Kanal zwischen den Labzellen enthält in einigen Drüschen Fettpünktchen. — 200malige Vergrösserung.

Fig. 64. Schiefer Durchschnitt der Labdrüsen des Hundes, 100mal vergrössert. *a* Oberflächliche Grübchen, mit Cylinderepithelium ausgekleidet. *b* Anfang der Labdrüsen, wo mehr Bindegewebe zwischen den einzelnen Drüsengruppen liegt, die Drüsenröhrchen enger und die Drüschen selbst kleiner sind. *c* Am untern Ende der Drüsen, wo dieselben grösser sind und ihre Gruppen dichter beisammen liegen, so dass die Grenzen kaum zu erkennen sind. 1 Blutgefässe.

gruppen durch eine dickere Schicht Bindegewebe (Fig. 61 *cc*) von einander gesondert werden, deren Forsetzung zwischen die einzelnen Drüschen, zumal in den tiefern Schichten, kaum wahrzunehmen ist (Fig. 61 u. Fig. 64). Die Drüsenkanälchen erweitern sich nämlich nach unten und legen sich dichter an einander, weshalb hier das Bindegewebe zwischen den Drüschengruppen abnimmt. Jedes Drüschen hat eine *Membrana propria*, die sich von der Oberfläche der Schleimhaut fortsetzt. In den Grübchen und deren Verästelungen ist dieselbe mit einem Cylinderepithelium bedeckt (Fig. 61. 1), auf welches dann zu Anfang der Labdrüschen rundliche Zellen (Fig. 61. 2) folgen, die Labzellen oder Labdrüsenzellen. Dies sind runde, mehr oder weniger eckige Zellen mit einem dunkeln körnigen Inhalte und einem deutlichen Kerne (Fig. 65 *a*), die im obern Theile der Drüschen $\frac{1}{125}$ L., in den tieferen Theilen $\frac{1}{90}$ L. messen. Durch Alkalien sowohl wie durch Essig- und Salzsäure verschwinden die meisten Körnchen und es bleiben nur einige Fettpünktchen (zumal in den tiefsten Labzellen) übrig. Durch Alkalien werden die Kerne gross und ganz hell (Fig. 65 *b*), durch Essigsäure schrumpfen sie zusammen, sie werden dunkel und körnig, und nicht selten kommt dadurch noch ein Häutchen zum Vorschein beinahe in der Mitte zwischen Kern und Zellenwand (Fig. 65 *c*). Diese Zellen füllen fast ganz die Drüsenröhrchen an (Fig. 64), so dass nur ein enger Kanal übrig bleibt, worin nicht selten kleine Fettkörnchen vorkommen. Durch Hervorragen der Labzellen bekommen die Labdrüschen, zumal auf Längsdurchschnitten (Fig. 61) ein buchtiges Aussehn, und dieses bleibt manchmal auch noch an den im Zusammenhange herausgedrückten Zellen (Fig. 66) sichtbar.

Die Schleimdrüschen (Fig. 62), welche in der Nähe des Pylorus die Labdrüsen ersetzen, haben ziemlich die nämliche Ge-

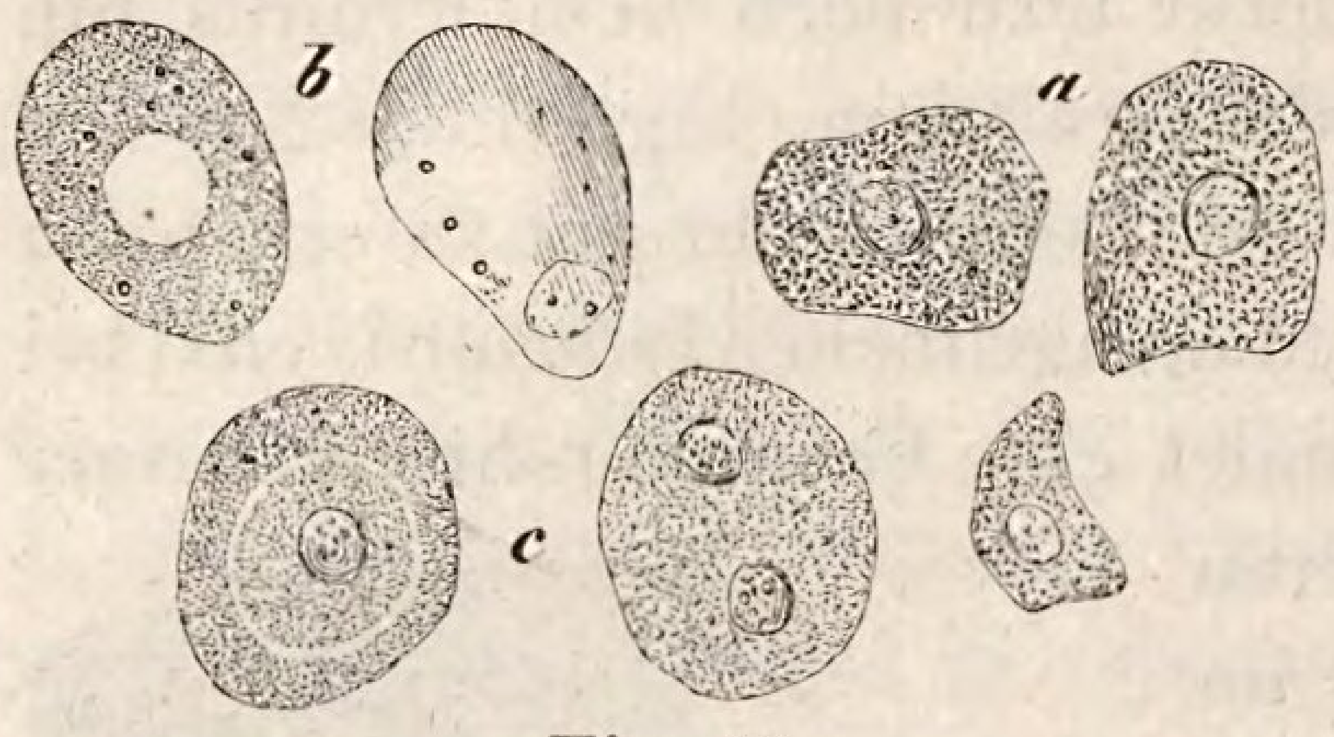


Fig. 65.


Fig. 66.

Fig. 65. Einzelne Labdrüsenzellen des Schweines, 500 Male vergrössert. *a* Ohne einen Zusatz. *b* Mit schwacher Natronsolution behandelt, wodurch die Kerne gross und blass werden. *c* Mit Essigsäure behandelt, wobei sich in einiger Entfernung vom Kerne ein Häutchen zu zeigen scheint.

Fig. 66. Gruppen von Labdrüsenzellen eines Kindes; dieselben hängen drüsenartig zusammen.

stalt wie die Labdrüsen. Die Grübchen (*a a*) indessen sind tiefer, die Drüsenröhrchen werden nach unten zu, wo sie einen mehr gewundenen Verlauf annehmen, enger und enger, und dabei findet auch wohl zum Theil eine Verästelung (*b b*) statt. Der charakteristische Unterschied besteht darin, dass sie bis zu den letzten Endigungen hin mit einem Cylinderepithelium bekleidet sind und einen geräumigeren Kanal behalten. Auf Querdurchschnitten dieser Drüsen vom Menschen (Fig. 67) sieht man die gruppenweise Anordnung noch deutlicher, als an den Labdrüsen.

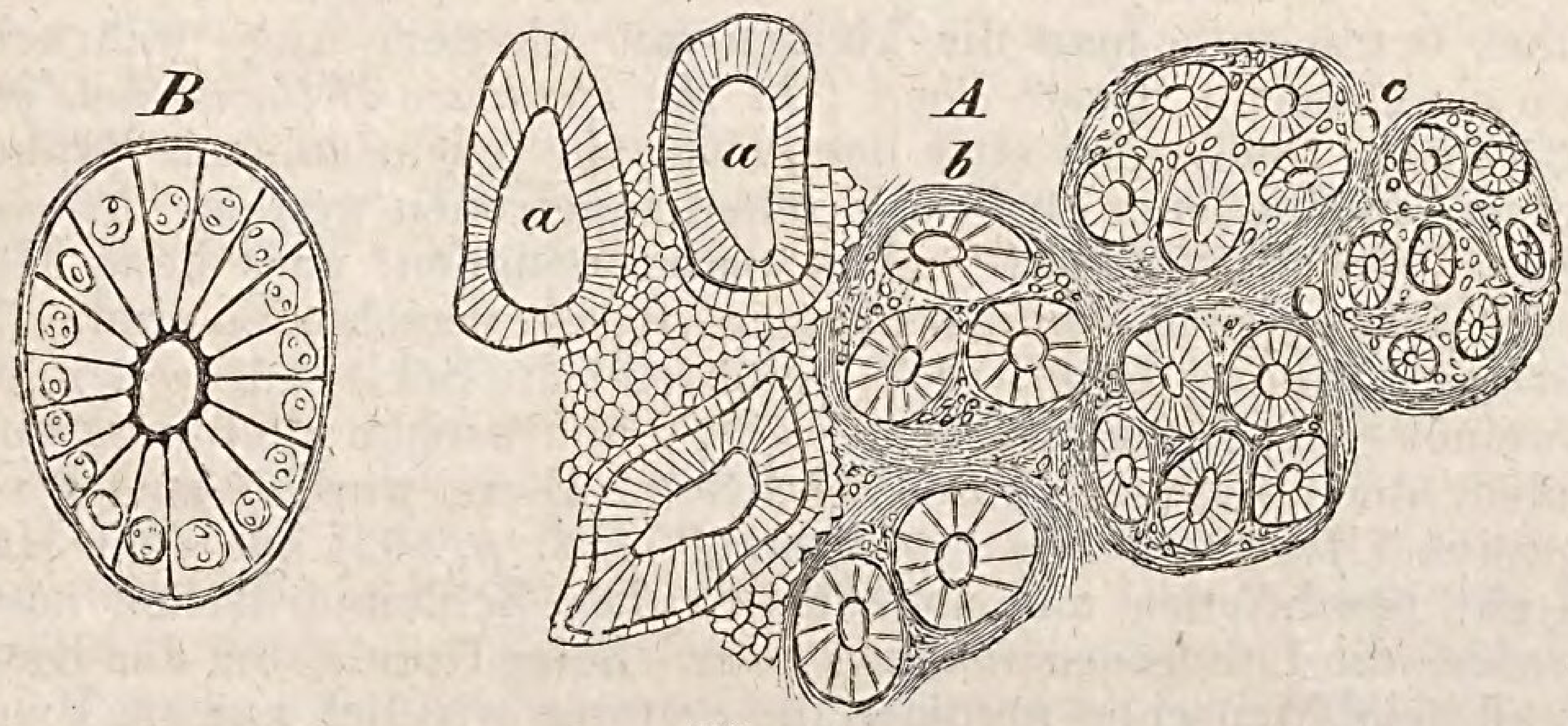


Fig. 67.

Unter der Drüsenlage des Magens findet sich eine ziemlich feste Schicht (sie hat nach *Brücke* 0,022—0,044 L. Dicke), die aus verflochtenen Bündeln von Bindegewebe und Faserzellen besteht, und letztere erstrecken sich, beim Hunde wenigstens, auch zwischen die Gruppen der Labdrüschen.

Die submucöse Schicht besteht aus gewöhnlichem Bindegewebe, welches mit vielen elastischen Fasern (atrophischen Zellen) durchwebt ist und vielfältig Fettzellen enthält. Die Arterien theilen sich darin in kleine Aestchen, die in grosser Anzahl senkrecht zwischen den Drüsenröhrchen aufsteigen und diese mit einem sehr feinen Netz von Capillaren umspinnen. Diese Capillaren vereinigen sich an der Oberfläche zu einem Netze weiterer Capillaren, die sich um die Grübchen der Drüsengruppen herum ausbreiten, und blos aus diesen entspringen die Venen, die als dicke Stämme zwischen den Drüsenröhrchen senkrecht nach unten steigen und in die horizontal

Fig. 67. *A.* Schiefer Durchschnitt der *Glandulae pyloricae* eines Kindes; 100malige Vergrösserung. *aa* Oberflächliche Magengrübchen (Magenzellen von *Todd* und *Bowman*). *b* Tieferer Durchschnitt, wo sich durch Verästelung zwei bis drei Röhrchen gebildet haben. *c* Durchnitt gegen das Ende hin, wo sich die Theilungen gemehrt haben und die Röhrchen in grösserer Menge vorhanden, zugleich aber auch kleiner sind. — *B.* Ein Querdurchschnitt aus der tiefsten Partie; 500malige Vergrösserung.

verlaufenden Venen der *Tela submucosa* münden. — Die Lymphgefässe, die nur nach Injection sichtbar sind, bilden an der Oberfläche ein feines Netz und ein gröberes in der Tiefe. Hauptsächlich in der Gegend der *Curvatura minor* durchbohren sie die Muskelhaut und gehen ins kleine Netz über. — Die Nerven stammen vom Vagus und Sympathicus. Sie verbreiten sich zum Theil in der Muskelhaut, verlaufen dann in der submucösen Schicht, lassen sich aber nicht in die eigentliche Schleimhaut verfolgen, wahrscheinlich weil sie die dunkeln Ränder verlieren.

Früher betrachtete man die kleinen mit blossem Auge wahrnehmbaren Grübchen als Drüsen; *Sprott-Boyd* (*On the structure of the mucous membrane of the Stomach.* 1836) wies aber nach, dass in jedem solchen Grübchen die Mündungen verschiedener Drüsenröhrchen angetroffen werden. *Bischoff* (*Müller's* Archiv 1838. S. 503) hatte schon wahrgenommen, dass beim Hunde die Drüsen der *pars pylorica* von den übrigen Drüsen verschieden sind. *Wasmann* (*de digestione nonnulla. Berol.* 1839) beschreibt die Schleimdrüschen im Magen des Schweines sehr genau, während er die Labdrüschen allerdings wohl schon unterschied, doch weniger genau beschrieb. Diese wurden zuerst von *Todd* und *Bowman* (*Anat. and Phys. of Man. P. III. p.* 192) aus dem Magen des Hundes gut beschrieben und abgebildet. Die Schleimdrüschen nannten sie *pyloric tubes*, die Labdrüsen *stomach tubes*. Beim Hunde, bei der Katze, beim Pferde und beim Menschen kommen die ersteren wirklich nur am Pylorus vor. Da die Labdrüsen aber beim Schweine gürtelförmig an der *Curvatura major* liegen, wo die Schleimhaut dunkler (vom Blute) und dicker ist, und da vielleicht auch bei andern Thieren Verschiedenheiten angetroffen werden, so sind jene Namen nicht passend. Im nächsten Paragraphen wird es sich herausstellen, dass die Unterscheidung der L a b d r ü s c h e n und der S c h l e i m d r ü s c h e n einen physiologischen Grund hat.

Kölliker hat nachgewiesen, dass die grossen Zellen in den Labdrüsen unmittelbar an die *Membrana propria* stossen und Ausbuchtungen bewirken, die wahrscheinlich der Grund gewesen sind, weshalb *Bischoff* sie als traubenförmige Drüsen beschrieb, *Krause* (*Müller's* Archiv 1839. CXX) von einem knotigen Aussehn derselben spricht, und *Henle* (Allg. Anat. S. 911) am Grunde der Magendrüschen des Kaninchens kernhaltige geschlossene Drüsenbläschen beschrieb und abbildete (Taf. V. Fig. 16), die nichts anderes sind, als die grossen von *Kölliker* an der Innenfläche der *Membrana propria* gefundenen Zellen.

Wir sind zu der Ueberzeugung gekommen, dass beim Menschen die nämlichen zwei Formen von Drüschen unterschieden werden müssen und dass sie im Bau mit den Drüschen des Hundes und der Katze ganz übereinstimmen. Ein Unterschied besteht nur darin, dass beim Menschen die Grübchen nicht so tief sind und dass die Labdrüschen zumal nicht so deutlich in Gruppen stehen, als dies bei den meisten Thieren gefunden wird. In den tiefsten Partieen sieht man selbst nichts mehr von einer gruppenweisen Anordnung. Am Besten erkennt man den Bau dieser Drüschen auf parallelen und schiefen Durchschnitten getrockneter Magenschleimhaut, mag diese gekocht sein oder nicht, doch lieber, wenn sie einer Temperatur von 80° C. ausgesetzt war und wenn sie dann mit einer schwachen alkalischen Solution und weiterhin auch wohl mit Essigsäure behandelt wird: auf solchen Schnitten sieht man die Drüschen in verschiedener Tiefe nebeneinander liegen (Fig. 64 u. 67). Von frischen Schleimhäuten kann man auch leicht Querdurchschnitte bekommen, wenn man sie platt auf ein feines Brettchen legt. Die Untersuchung des Schleims von verschiedenen Stellen des Magens lässt schon aus dem Vorkommen oder Fehlen der Labzellen erkennen, wo sich Labdrüschen finden. — Dass in den Drüsen des menschlichen Magens verschiedene Zellformen vorkommen, wurde schon von *Bruch*

(Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 8. S. 277) angegeben, und *Henle* (Eb. N. F. Bd. 2. S. 309) giebt richtig an, wo sich die beiden Formen finden.

Manchmal wurden auch einfache geschlossene Bläschen, sogenannte *Glandulae lenticulares* im menschlichen Magen gefunden. Nach *Frerichs* trifft man sie nur in pathologischen Zuständen in grösserer Menge an, z. B. beim chronischen Katarrh. Beim Schweine gehören sie zur normalen Bildung (*Bischoff*, *Wasmann*, *Kölliker*); sie zeigen sich hier in Gruppen, wie kleine *Glandulae Peyerianae*, und die gewöhnlichen Drüsenröhrchen fehlen an solchen Stellen oder sind nur wenig entwickelt. Aus einem gesunden menschlichen Magen bildet sie *Ecker* (*Icon. physiolog.* Taf. I. Fig. 1. *c*) ab.

An der Cardia kommt nach *Gerlach* noch ein Häufchen zusammengesetzter Schleimdrüsen vor, die mit jenen des Oesophagus übereinstimmen. Nach der Pförtnerklappe zu werden die gewöhnlichen Drüsenröhrchen kürzer und kürzer, und auf der Klappe selbst hören sie zuletzt ganz auf. Die Schleimhaut bildet hier stärkere Hervorragungen, welche von *Krause* als *Plicae villosae* bezeichnet worden sind.

Die Muskelschicht der Schleimhaut hat *Brücke* (s. § 72) entdeckt und genau beschrieben. Nach *Kölliker* hängen ihre Bündel an manchen Stellen vielleicht mit den schief verlaufenden Bündeln der eigentlichen Muskelhaut zusammen. Dass sie sich zwischen die Drüschen fortsetzen, blieb ihm beim Menschen und beim Rinde zweifelhaft, beim Schweine dagegen schien ihm dies der Fall zu sein. Auch wir konnten nns beim Menschen nicht davon überzeugen. Beim Hunde dringen sie wirklich zwischen die Drüsengruppen.

Den Verlauf der Gefässe beschrieb *Gerlach* kurz aber sehr richtig. Nähere Untersuchungen mit Abbildungen gab *Frei* in der Dissertation von *F. Ernst* (Ueber die Anordnung der Blutgefässe in den Darmhäuten. Zürich 1851). — Ueber die Lymphgefässe s. *Fohmann sur les vaisseaux lymphatiques p.* 17.

§ 77. Absonderung des Magenschleims und des Magensaftes.

Sind keine Speisen im Magen, dann sieht die Schleimhaut blass aus und ist mit einer Schicht structurlosen Schleims bedeckt, die in der Nähe des Pylorus die grösste Dicke hat; auch ist der Schleim hier zäher. Dieser Schleim reagirt schwach sauer oder neutral; manchmal auch alkalisch, was zum Theil oder auch ausschliesslich von verschlucktem Speichel herrührt.

Sobald Speisen in den Magen kommen, strömt mehr Blut zur Schleimhaut und es tritt nun eine doppelte Absonderung ein: 1) eines festen Schleims, welcher in zusammenhängender Schicht die Schleimhaut bedeckt und beim Wegnehmen der eingebrachten Nahrung manchmal an dieser hängen bleibt; 2) einer klaren Flüssigkeit, des sog. Magensaftes, der sich durch eine saure Reaction auszeichnet. Eine Säure nebst einer organischen Substanz, welche *Schwann* als Pepsin bezeichnet hat, sind die wirksamen Bestandtheile des Magensaftes, durch welchen die festen Proteinverbindungen und die leimgebenden Substanzen im Magen erweicht, verändert und aufgelöst werden.

Die genannte Schleimschicht findet man bei den meisten Thieren ein Paar Stunden, nachdem der Magen mit fester Nahrung er-

füllt worden ist. Sie umhüllt dann die Speisen als eine zusammenhängende Schicht, und weiterhin trifft man Stücken davon zwischen dem mehr flüssigen Chymus an. Sie besteht aus einem hellen zähen Schleime, der mit saurem Magensafte durchtränkt ist, und ausser runden und länglichen Molekeln, die in einer lebhaften Bewegung begriffen sind, enthält sie Cylinderepithelium und dort, wo die Labdrüsen befindlich sind, auch Labdrüsenzellen. Die Epithelialzellen sind theils isolirt, theils besitzen sie die Gestalt von kleinen Drüsen, namentlich in der Gegend des Pylorus; besonders die isolirten sind an ihrer Basis geöffnet (Fig. 68) und haben ihren Inhalt verloren. Die Labzellen sind auch zum Theil unter einander verbunden (Fig. 66), oder wenigstens in Reihen und Gruppen zusammen gelegen. — Die Bildung der Schleimlage beruht grösstentheils auf einer Mucinemetamorphose der Epithelialzellen, welche schliesslich grösstentheils bersten; deshalb ist sie zunächst dem Pylorus, wo die Drüsen nur ein Cylinderepithelium besitzen, am dicksten, dagegen mehr flüssig in den übrigen Theilen des Magens, wo von den Labdrüschen eine Flüssigkeit, der Magensaft nämlich kommt. Wird die Schleimschicht von der Magenoberfläche entfernt, so nimmt man gleichzeitig auch die Zellen aus vielen Schleimdrüsen und aus einzelnen Labdrüsen mit weg. Wahrscheinlich wird das Nämliche stattfinden, wenn durch die Bewegung des Magens die Schleimschicht sich löst und in Stücken mit dem Chymus sich vermengt. Auf diese Abstossung muss dann eine neue Bildung folgen. — Beim Menschen scheint übrigens diese Schleimschicht nicht sehr entwickelt vorzukommen.

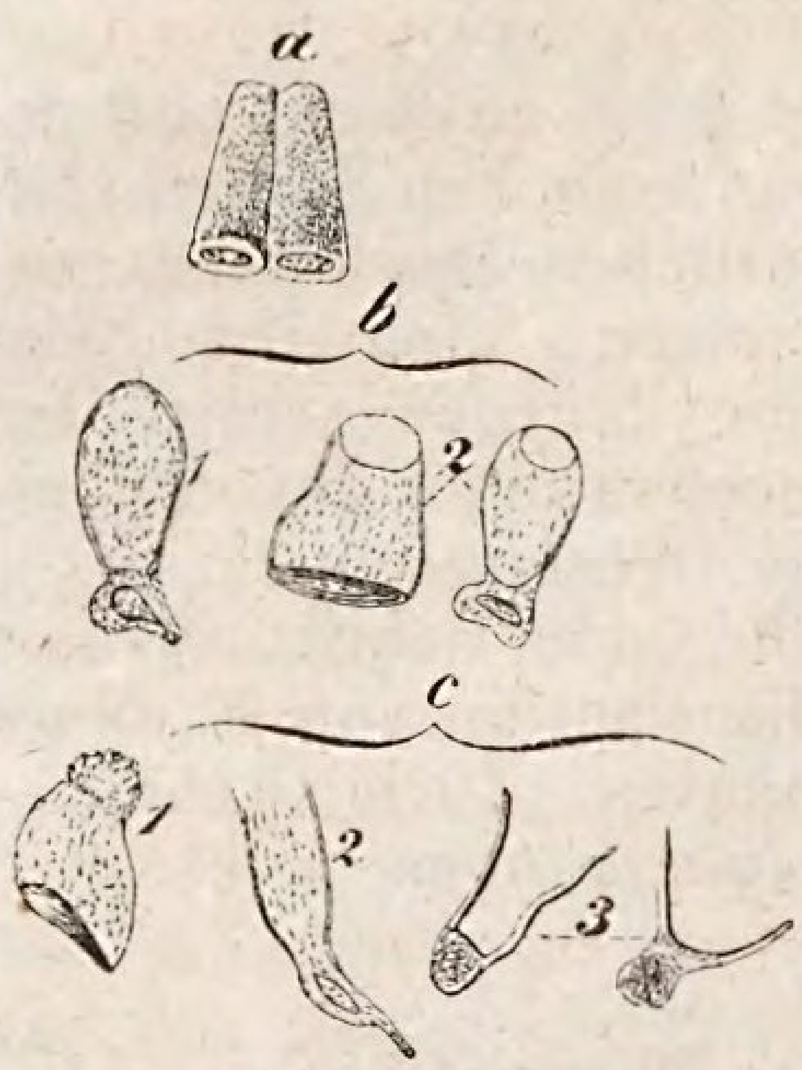


Fig. 68.

Den Magensaft, welcher während der Verdauung flüssig an der Oberfläche des Magens zum Vorschein kommt, findet man in der Regel mit Speisen gemengt. Nur wenn sehr feste, oder wenn gar unlösliche Substanzen aufgenommen werden, wie ganze Erbsen oder Bohnen, kann man ihn rein erhalten. Der reine Magensaft, der keine Formbestandtheile enthält, verdankt sein Pepsin den Labzellen: nur diese, nicht aber der Schleim der Pylorusgegend,

Fig. 68. Abgestossene Epithelialcylinder aus dem Magen des Schweins; 300malige Vergrösserung. *a* Im Zusammenhange. *b* Durch Mucinemetamorphose aufgeschwellt, mit runder Begrenzung des freien Randes. *c* Geborsten, mit vollständiger oder theilweiser Entleerung des Inhalts.

bilden, mit schwacher Salzsäure gemischt, einen künstlichen Magensaft, der die Eigenschaften des natürlichen Magensaftes besitzt. Schon deshalb ist es wahrscheinlich, dass auch die saure Flüssigkeit aus den Labdrüsen kommt. Die Pepsinbildung kann ohne Unterbrechung vor sich gehen. Schon vor dem Einbringen von Nahrung ist Pepsin in den Labzellen vorhanden und diese werden durch die saure Flüssigkeit ausgespült, welche bei Aufnahme von Nahrung austritt. Einzelne Labdrüsen gehn aber auch unter Fettmetamorphose zu Grunde oder werden mit der bedeckenden Schleimschicht in Massen entfernt und durch neu sich bildende ersetzt. Dass von den Schleimdrüschen des Magens ebenfalls ein flüssiger saurer Magensaft abgeschieden werde, dagegen spricht zumeist das Epithelium dieser Drüsen, welches ganz so wie in den Lieberkühn'schen Drüsen gestaltet ist, so wie der Umstand, dass die Schleimschicht in der Pylorusgegend nicht so stark sauer reagirt.

Im leeren Magen menschlicher Leichen findet man häufig in grosser Menge einen ziemlich flüssigen Schleim, der nur selten sauer reagirt. Dass auch während des Lebens im nüchternen Zustande der Mageninhalt eine schwach alkalische oder saure Reaction besitzt, davon hat man sich mehrfach bei Thieren mit künstlichen Magenfisteln überzeugt, und bei Menschen mit einer zufällig entstandenen Magenfistel hat man es ebenfalls so gefunden (s. § 78). In dem ziemlich leeren Magen von Schweinen dagegen, die 24 Stunden lang nichts zu fressen bekommen hatten, fanden wir in geringer Menge eine schwach sauer reagirende Flüssigkeit und unmittelbar auf der Schleimhaut eine dicke Schleimschicht, die in der Nähe des Magenmundes grosse Festigkeit besass, im Magenblindsacke aber und besonders auf der dicken braunrothen Schleimhaut der Labdrüsen etwas lockerer und mehr verflüssigt war. In diesem Schleime befanden sich geborstene Zellen eines Cylinderepitheliums, immer aber auch eine grosse Anzahl von Labzellen, namentlich in den tiefern Schichten. In der Schleimschicht des Menschenmagens trifft man nur selten noch deutliches Cylinderepithelium; Labzellen indessen fehlen nicht darin.

Wird der Magen gereizt, sei es auch nur auf rein mechanische Art, dann erfolgt die Absonderung eines sehr sauern Magensaftes. Auch Getränke wirken auf die Absonderung des Magensaftes, und bei einer mit einer Magenfistel behafteten Frau (*Grünewaldt* im Arch. f. phys. Heilk. Bd. 13. S. 459) floss dann selbst mittelst einer eingebrachten elastischen Röhre mehr aus, und zwar im Allgemeinen ohne wahrnehmbare Verdünnung, als wenn feste Nahrung genommen und damit getränkt wurde.

Befindet sich consistente Nahrung im Magen, so wird diese von einer Schleimhülle umgeben, worauf besonders *Eberle* (Phys. d. Verdauung. 1834) hingewiesen hat. Wir fanden diese Schleimschicht beständig, beim Kaninchen, beim Schweine, im Labmagen des Rindes, und auch, nur dünner, beim Hunde und bei der Katze. *Kölliker* (Mikr. Anat. Bd. 2. S. 145) traf sie beim Hunde und beim Schaafe nur schwach an, oder sie fehlte auch wohl gänzlich. Bei Vögeln ist sie nur im nüchternen Zustande deutlich und sie hängt mit der Hornlage des Fleischmagens zusammen (*Berlin* in *Nederl. Lancet 3e Serie II.* 57). Beim Hunde, bei der Katze, besonders aber beim Schweine enthält sie deutliches Cylinderepithelium, es fehlen aber auch die grössern Labzellen niemals da, wo sich die Labdrüsen befinden. Man darf also annehmen, der Inhalt der Drüsen mit seinen Formelementen werde nach dem Einbringen von Nahrung zum Theil ausgetrieben, wozu die Contractionen des Magens das ihrige beitragen können.

Manchmal sind die Zellen noch drüsenförmig mit einander verbunden. *Frerichs* hat aber Unrecht, wenn er glaubt, jene bei der Verdauung sich bildende Schleimlage bestehe fast ganz aus Labzellen. Die Labdrüsen, giebt *Kölliker* ganz richtig an, sind nach der Verdauung ihrer Zellen nicht beraubt, und gewiss wird bei jedem Verdauungsacte nur ein verhältnissmässig geringer Theil der Labzellen ausgestossen. Einzelne Zellen gehn aber auch in der Tiefe der Drüse zu Grunde, was daraus zu entnehmen ist, dass in dem Drüsenkanale freie Fettkügelchen vorkommen, und ohne Zweifel wird auch der Inhalt der Zellen durch die ausgeschwitzte saure Flüssigkeit, worin das Pepsin löslich ist, ausgespült.

Die Mucine, welche in der Schleimschicht in grosser Menge vorhanden ist, rührt ausschliesslich vom Cylinderepithelium (vielleicht auch von den Kernen der Labzellen) her; sie transsudirt zum Theil, zum grössern Theil aber wird sie dadurch frei, dass die Epithelialzellen an ihrer Basis bersten. Die Epithelialzellen, welche durch die Mucinemetamorphose sich aufhellten, verlieren durch Essigsäure ihre Durchsichtigkeit; Labzellen dagegen erblassen in Essigsäure. Die letztern liefern mithin keine Mucine, und aus diesem Grunde ist die Schleimschicht dort, wo die Labdrüsen sich befinden, dünner und vor allem weniger zähe. *Todd* und *Bowman* wollten bereits gesehen haben, dass die Epithelialzellen in den Magengrübchen (des Hundes) sich allmählig mit Körnchen füllten, die durch eine Oeffnung an der Wandung des freien Endes austreten. Den Schleim an der Oberfläche der Schleimhaut beschreiben sie auch als structurlos. Im Magen des Schweins kann man die Mucinemetamorphose und das Bersten der Epithelialzellen an ihrer freien Oberfläche bequem wahrnehmen.

Wasmann (l. l. p. 13) hat zuerst nachgewiesen, und zwar beim Schweine, dass der Inhalt der Labdrüsen, wenn er mit Säuren gemengt wird, stärker auflösend wirkt, als der Inhalt der Schleimdrüsen des Magens. Wurde verdünnter Salzsäure ein Stückchen der mit Labdrüsen versehenen Schleimhaut zugefügt, so löste sich ein Stückchen gekochtes Eiweiss bei einer Temperatur von 35 bis 40° C. in kurzer Zeit (binnen 1 bis 1½ Stunden) darin auf; wurden dagegen andere Stellen der Magenschleimhaut dazu benutzt, dann erforderte die Auflösung 6 bis 8 Stunden. Diese Versuche wurden von *Goll* und *Kölliker* (Mikr. Anat. Bd. 2. S. 146) bestätigend wiederholt; sie fanden, dass die mit Cylinderepithelium versehenen Magendrüsen entweder gar nichts vermögen oder nur nach längerer Zeit eine geringe Wirkung zu Wege bringen. Im physiologischen Laboratorium zu Utrecht wurden diese Versuche mit ganz gleichem Erfolge mit den Lab- und Schleimdrüsen des Schweins, des Rindes, des Hundes, der Katze, des Menschen wiederholt. Selbst an der Schleimschicht, welche die verschiedenen Abschnitte des Magens bedeckt, tritt dieser Unterschied hervor. Derselbe ist so gross, dass wir nicht anstehen, den Schleimdrüsen alle Wirkung abzusprechen.

Bei Thieren, welche 24 Stunden oder länger gefastet haben, ist der Labdrüseninhalt wenigstens noch gleich wirksam; es scheint mithin das Pepsin ohne Unterbrechung in den Labdrüsenzellen sich zu bilden. Ausser der Verdauungszeit tritt jedoch kaum etwas von diesen Zellen aus den Drüsen aus, und deshalb kann es nicht befremden, wenn *Hübbenet* von dem ausser der Verdauungszeit aus Magenfisteln ausfliessenden Schleime keine Wirkung erzielte.

§ 78. Chemische Zusammensetzung des Magensaftes.

Der reine Magensaft ist eine helle, farblose, sauer reagirende Flüssigkeit, ohne Geruch und von schwachem Geschmacke, nur wenig schwerer als Wasser, die sich durch Erwärmen nur ganz wenig trübt. *Bidder* und *Schmidt* rechnen beim Hunde auf jedes

Kilogramm Körpergewicht in 24 Stunden 100 Gramme Magensaft, und demnach würden auf einen Menschen von 65 Kilogramm Gewicht nicht weniger als 6,5 Kilogramm Magensaft im Tage kommen. Durch directe Bestimmung bei einer mit einer Magenfistel behafteten Frau erhielt *von Grünewaldt* bis 246 Gramme für jedes Kilogramm Körpergewicht, also fast ein Viertheil des letztern binnen 24 Stunden. Doch erachtet *von Grünewaldt* selbst diese Bestimmung für eine ungenaue.

Der Gehalt des Magensaftes an festen Bestandtheilen beträgt bei verschiedenen Thieren 1 — 1½ pCt., beim Menschen nur gut ½ pCt. Es sind theils organische, theils anorganische Substanzen; bald überwiegen die erstern, bald die letztern.

Lange Zeit war es zweifelhaft, welche Säure im freien Zustande im Magensafte enthalten ist. Nach *Prout* sollte freie Salzsäure darin vorkommen. In der Asche des gewöhnlichen Magensaftes nämlich fand er weniger Chlorverbindungen, als wenn der Magensaft vorher mit Kali gesättigt worden war, und er erklärte dies aus einer Verflüchtigung freier Salzsäure. Eine solche Erklärung wäre aber nur in dem Falle begründet gewesen, wenn *Prout* zugleich bewiesen hätte, dass sich keine andere freie Säure im Magensafte findet. Nun hat aber *Lehmann* dargethan, dass der Magensaft freie Milchsäure enthalten kann, die er in hinreichender Menge ausscheiden konnte, um die erhaltenen milchsauren Salze einer Elementaranalyse zu unterwerfen, und damit haben *Prout's* Untersuchungen ihre Beweiskraft verloren. Beim Abdampfen ohne vorgängige Saturation musste ja die Milchsäure auch die Chlorverbindungen zersetzen und Salzsäure musste verfliegen. — Damit war nun aber nicht bewiesen, dass im Magensafte freie Salzsäure nicht vorkommt. Die Untersuchungen von *Schmidt* lassen uns vielmehr annehmen, dass die einzige ursprünglich frei im Magensafte vorkommende Säure gerade Salzsäure ist. Dieser bestimmte die Chlormenge im Magensafte durch Präcipitation mit salpeters. Silber, und weiterhin bestimmte er die Menge der darin enthaltenen Basen: die Chlormenge betrug nun mehr, als das den letztern entsprechende Aequivalent, und dieser Chlorüberschuss musste also in Hydrochlorsäure gesteckt haben. Es entsprach dieser Ueberschuss so ziemlich jener Menge von Basis, die zur Neutralisirung des Magensaftes erforderlich war, und somit konnten neben der Hydrochlorsäuse höchstens nur Spuren einer andern Säure vorhanden sein. Diese Untersuchungen scheinen entscheidend zu sein. Die ungleichen Resultate bei

Schmidt und bei *Lehmann* rühren vielleicht auch davon her, dass *Lehmann* den Magensaft zu bald nach der Aufnahme von Nahrung sammelte, aus welcher die gefundene Milchsäure entstanden sein konnte. — In manchen Fällen wurde Buttersäure, vielleicht auch Essigsäure mit ausreichender Zuverlässigkeit im Magen angetroffen. Durch die Unbeständigkeit des Vorkommens dieser Säuren wird es aber höchst wahrscheinlich, dass sie sich aus der aufgenommenen Nahrung im Magen gebildet haben und nicht zu den ursprünglichen Bestandtheilen des Magensaftes gehören.

Die Menge der freien Säure ist unbeständig. *Lehmann* fand 0,561 bis 0,908 pCt. *Schmidt* fand beim Hunde im Mittel 0,305, bei einem Schaafe 0,1234, beim Menschen nur 0,02 pCt. freie Salzsäure.

Die organischen Bestandtheile des Magensaftes kennt man sehr unvollständig: zudem ist ein Theil derselben aus dem Schleime aufgelöst und mithin nicht als eigentlicher Bestandtheil des Magensaftes anzusehen. Man hat zweierlei organische Stoffe, oder vielmehr zwei Gemengsel organischer Stoffe daraus dargestellt: zuerst eine in Wasser und absolutem Alkohol lösliche Substanz, das sog. Osmazom; sodann eine nur in Wasser lösliche Substanz, welche durch Alkohol, Gerbsäure, Quecksilber- und Bleisalze mehr oder weniger vollständig niedergeschlagen wird. In diesem letztern Gemenge ist das auflösende Princip enthalten, welches als ein integrirender Bestandtheil des Magensaftes und nicht des Schleimes aufgefasst werden muss (§ 77). Dasselbe wurde zuerst von *Schwann* aus dem durch Quecksilberchlorid erhaltenen Präcipitate dargestellt und P e p s i n genannt. *Wasmann* hat es genau beschrieben, wie er es aus dem filtrirten wässrigen Auszuge der Labdrüsen des Schweinsmagens erhielt, nicht aber aus dem Magensafte selbst. Den durch essigs. Blei erhaltenen Niederschlag spülte er leicht mit Wasser aus, dann leitete er Schwefelwasserstoff durch, trennte das präcipitirte Schwefelblei ab, dampfte die Flüssigkeit zur Syrupsdicke ein und erhielt durch Zusatz von absolutem Alkohol das sog. Pepsin als weisse Flocken, die, an der Luft getrocknet, eine gelbe gummiartige Substanz darstellen. Das Pepsin ist in Wasser löslich und wird daraus durch Alkohol niedergeschlagen, ohne die saure Reaction ganz zu verlieren; Mineralsäuren bewirken darin einen mikrolytischen, weiterhin aber einen makrolytischen Niederschlag; Metallsalze erzeugen einen unvollkommenen Niederschlag. Durch Kochen entsteht ein Coagulum, welches aber von dem bei-

gemengten Eiweiss herrührt. — Reiner ist vielleicht jenes Pepsin, welches *Frerichs* durch eine mässige Menge Alkohol aus dem natürlichen Magensafte präcipitirte. Dieses Präciptat lösst sich nur langsam in Wasser auf, und wird es mit ein Paar Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt, dann wirkt es kräftig auflösend.

Unter den Salzen des Magensaftes stehen die Chlorverbindungen oben an, zumal das Chlornatrium. Dann findet man Chlorcalcium, Chlorkalium, Chlormagnesium, phosphors. Kalk, Spuren von phosphors. Magnesia, von Eisen und Mangan.

Auf verschiedene Weise hat man sich Magensaft behufs der Untersuchung zu verschaffen gesucht. *Réaumur* (*Mémoires de l'Acad.* 1752. *p.* 705) hat zuerst die Anwesenheit einer lösenden Flüssigkeit im Magen nachgewiesen; er verschaffte sich den Magensaft durch Schwämme, die er an Fäden befestigte und die Thiere verschlucken liess. *Spallanzani* und eben so *Leuret* und *Lassaigne* verfuhren auf die nämliche Weise. Man erhält aber durch dieses Verfahren nur wenig Flüssigkeit, die mit Schleim aus dem Oesophagus gemischt ist. Häufiger wurden die Thiere getödtet, kurze Zeit nachdem sie Nahrung bekommen hatten, oder auch wohl, wie es *Frerichs* noch gethan hat, nachdem ihnen Kieselsteinchen, Pfefferkörner, ausgekochtes Fliedermark durch den Oesophagus in den Magen eingebracht worden war. Mit künstlichen Magenfisteln kommt man besser zum Ziele. *Beaumont* (*Experiments and Observations on the gastric Juice and the Physiology of Digestion. Boston* 1834. Deutsch von *Luden*. Leipz. 1834) hatte Gelegenheit, bei einem Manne, welcher durch eine Schusswunde eine zufällige Magenfistel davon getragen hatte, Magensaft unmittelbar aus dem Magen zu sammeln. Ein ähnlicher Fall ist auch in Wien vorgekommen (*Helm*, zwei Krankengeschichten. Wien 1803) und vor ein Paar Jahren wurde von einer mit einer Magenfistel behafteten Frau in Edimburgh (*Monthly Journ.* 1851. *Jan.*) Nachricht gegeben. Die genauesten Versuche indessen wurden bei einer Ehstländischen Bäuerin, Catharine Kütt angestellt, welche 33 J. alt war, 53 Kilogramme wog, sich einer verhältnissmässig guten Gesundheit erfreute, sehr viel ass und ein Kind säugte. Die seit 2 oder 3 Jahren bestehende Fistel mündete mit einer 3 bis 4 Linien langen Spalte am untern Rande der linken Brustwarze, zwischen den Knorpeln der 9. und 10. Rippe, $2\frac{1}{2}$ Zoll in querer Richtung vom Schwerdtfortsatze entfernt. Durch eine elastische Röhre, welche leicht in den Magen eingeführt werden konnte, floss der Magensaft tropfenweise oder auch wohl in einem Strahle aus. Unter der Leitung von *Bidder* und *Schmidt* wurden an dieser Frau in Dorpat 7 bis 8 Wochen hindurch Versuche angestellt und in den beiden Dissertationen *von Grünewaldt's* (*Succi gastrici humani indoles physica et chemica. Dorp.* 1853) und *von Schröder's* (*Succi gastrici humani vis digestiva. Dorp.* 1853) beschrieben. Ferner hat *Schmidt* (Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 92 S. 42) einen Aufsatz über die Constitution des menschlichen Magensaftes geliefert, und *von Grünewaldt* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 13. S. 459) gab eine ausführliche Uebersicht aller dieser Untersuchungen.

Blondlot kam zuerst auf den glücklichen Gedanken, bei Hunden künstliche Magenfisteln anzulegen und führte ihn auch mit Erfolg aus. *Bardeleben* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 7. S. 1) verbesserte die Methode, solche Fisteln anzulegen. Unter dem schwerdtförmigen Fortsatze macht er in der *Linea alba* einen zwei Zoll langen Einschnitt, zieht den Magen heraus, bildet daran eine zolllange Falte, durch welche er einen Faden führt, erzielt die Befestigung durch ein quer über die Wunde gelegtes Hölzchen und schliesst die Wunde mittelst der Knopfnath. Nun führt man noch einen doppelten Faden durch die Bauchmuskeln und die Magenfalte, und beide Enden des einen Fadens werden vor der herausgezogenen Magenfalte, jene des andern Fadens hinter dieser Falte zu-

sammengezogen. Nach einigen Tagen stirbt das abgeschnürte Stück des Magens ab und wird abgestossen. Bei dieser Methode, welche von *Bidder* (Verdauungssäfte S. 33) etwas modificirt und auch bei einem Schaafe mit Erfolg ausgeführt wurde, fanden wir einen Verband oder einen Maulkorb nöthig, weil die Hunde das Hölzchen und die Fäden ausbeissen, so dass die Fistel viel zu gross werden kann und die Wunde nicht gehörig fest ist. *Bardeleben* beschrieb auch eine in der Fistel zu lassende Kanüle, welche durch *Bidder* und *Schmidt* eine Verbesserung erfuhr.

Beaumont sah den Magensaft tropfenweise austreten, wenn Speisen in den Magen gelangten; die Menge desselben konnte er aber nicht bestimmen. Durch directe Bestimmung, die aber natürlich eine unvollkommene sein muss, erhielten *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 36) beim Hunde auf 1 Kilogramm Körpergewicht täglich 100 Gramme Magensaft. Auf den ersten Blick scheint diese Menge zu gross zu sein. *Lehmann* dagegen, von der Erfahrung ausgehend, dass 100 Gramme Magensaft nur 5 Gramme geronnenes Eiweis lösen, fand diese Menge noch nicht ausreichend zur Auflösung aller genossenen Proteinsubstanzen. Wenn nun auch ein Theil der Proteinsubstanzen den Magen ohne vorgängige Auflösung verlässt und unter Mitwirkung der Darmsäfte, wie es scheint, aufgelöst wird, so lassen doch die directen Bestimmungen an der Ehstnischen Bäuerin vermuthen, dass noch mehr Magensaft abgeschieden wird. Aus den zu verschiedenen Zeiten, am meisten jedoch während der Verdauung vorgenommenen Untersuchungen bei der Ehstnischen Frau erhielt *von Grünewaldt* ein Mittel von 14 Kilogrammen auf 24 Stunden. Die Fehlerquellen bei dieser Bestimmung sind indessen so gross, dass späterhin (Archiv f. phys. Heilk.) *von Grünewaldt* nur soviel daraus folgerte, die Menge des abgeschiedenen Magensaftes sei gross und wahrscheinlich viel grösser, als man beim Hunde gefunden hatte. Beim Schaafe, einem Pflanzenfresser, fanden *Bidder* und *Schmidt* die Absonderung eben so bedeutend wie beim Hunde.

Um einen möglichst reinen Magensaft zu bekommen, liess *Lehmann* Hunde mit einer Magenfistel recht weiche Knochen kauen und verschlucken, was die schnelle Absonderung einer grössern Menge Magensaft zur Folge hatte. Meistens ist indessen der Magensaft mit fremden Substanzen gemengt und nur selten fliessen ein Paar ganz helle Tropfen ohne Beimischung ab. Deshalb sammelten *Bidder* und *Schmidt* den Magensaft hauptsächlich dann, wenn die Nahrung bereits den Magen verlassen hatte. Der filtrirte Magensaft ist beim Hunde kaum gelblich gefärbt, beim Schaafe dagegen braun. Bei der Ehstnischen Frau war er ganz farblos, wenn nur ein Paar Dutzend Erbsen mit Wasser verschluckt worden waren.

Neben Beimischungen von Schleim und Speisen ist immer der verschluckte Speichel mit dem Magensafte gemengt, man müsste denn erst nach *Bardeleben* die Speiseröhre, oder nach *Bidder* und *Schmidt* die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen unterbunden haben. Seit lange weiss man, dass der Magensaft sauer reagirt. *Frerichs* (a. a. O. S. 786) giebt an, auch ohne Aufnahme von Nahrung werde immer eine saure Flüssigkeit im Magen abgesondert und die neutrale oder alkalische Reaction, welche man ausser der Verdauungszeit manchmal im Magen findet, rühre nur von verschlucktem Speichel her. Ohne Zweifel kann der verschluckte Speichel zur alkalischen Reaction beitragen; es kann aber auch die Secretion ausser der Zeit der Verdauung, wo die Labdrüsen nicht zu secerniren scheinen, eine alkalische sein, denn wir fanden die Reaction der Schleimdrüschen des frischen Schweinsmagens manchmal alkalisch und ihre Uebereinstimmung mit den Lieberkühn'schen Drüsen lässt schon ein alkalisches Product vermuthen. Ueberdies fanden *Bidder* und *Schmidt* nicht gerade viel Mundhöhlenepithelium in dem aus Magenfisteln ausfliessenden alkalischen Schleime.

Der Magensaft trübt sich nicht durch Kupfervitriol, durch Eisenchlorid, durch Alaun und Mineralsäuren. Kohlensaure Alkalien bewirken einen Niederschlag, die Flüssigkeit behält aber ihre verdauende Kraft. Durch Quecksilberchlorid wird auch nicht alles Pepsin niedergeschlagen. Mit Bleisalzen präcipitirt Chlorblei und der grössere Theil der Pepsine, die sich dann durch Aus-

waschen davon abtrennen lässt. Alkohol bewirkt einen weissen, in Wasser wiederum löslichen Niederschlag, der, wenn er nicht durch zu starken Alkohol erzeugt wurde, mit Säure versetzt sehr auflösend wirkt und wohl als die reinste bisher erhaltene Pepsine gelten kann. *Schwann* und *Wasmann* hatten die Pepsine aus künstlichem Magensafte dargestellt, den sie durch Ausziehen der Schleimhaut erhielten. In diesem war unter anderen auch Eiweiss enthalten, welches zugleich mit der Pepsine durch Blei- und Quecksilbersalze sich niederschlug und nach *Mulder's* Bemerkung, sobald das Blei durch Schwefelwasserstoff getrennt wurde, in der säurehaltigen Flüssigkeit zugleich mit der Pepsine gelöst blieb, also auch in *Wasmann's* Pepsine enthalten sein musste. Dem ist es zuzuschreiben, dass *Wasmann* seine Pepsine durch Erhitzen coaguliren sah.

Die Frage, welche Säuren im Magensafte enthalten sind, ist eine so wichtige und sie ist so verschieden beantwortet worden, dass ein historischer Ueberblick allein auf den rechten Standpunkt bringen kann. Die ersten gründlichen Untersuchungen lieferte *Prout* (*Annals of Philosophy. New Series. Vol.* 12. *p.* 407); er kam zu dem Resultate, dass hauptsächlich Salzsäure darin vorkomme. Unter den verschiedenen Einwänden gegen diese Ansicht ist nur jener von Bedeutung, dass einzelne Chloride, namentlich Chlorcalcium und Chlormagnesium beim Abdampfen schon durch die freie Milchsäure zersetzt werden, so dass nach vorgängiger Saturation des Magensaftes auch dann mehr salzsaure Verbindungen gefunden werden müssen, wenn gar keine freie Salzsäure zugegen war, sondern eine andre freie Säure, z. B. Milchsäure. *Bernard* und *Barreswil* (*Journ. de Pharm. et de Chimie.* 1848. *Janv. p.* 49) und andere hatten die Anwesenheit von Milchsäure allerdings schon wahrscheinlich gemacht, aber erst *Lehmann* (Berichte d. Ges. d. Wissensch. zu Leipzig. Bd. 1. S. 100—105 und Lehrb. der phys. Chemie. Bd. 3. S. 334) hat deren Vorhandensein in einzelnen Fällen ausser Zweifel gestellt, indem er mehrere milchsaure Salze aus dem nach Nahrungsaufnahme erhaltenen Magensafte analysirte. Bestätigt wurden diese Angaben durch *Heintz* (Jenaische Annalen f. Phys. u. Med. 1849. S. 222). Wenn die saure Reaction nach *Blondlot* nicht von einer freien Säure, sondern von doppelt phosphorsaurem Kalke herrühren sollte, so nahmen *Bernard* und *Barreswil* (*Comptes rendus* 1844. *p.* 1284) ein Aufbrausen wahr, als sie dem etwas abgedampften Magensafte Kreide zusetzten, und *Melsens* (*Ib. p.* 1289) beobachtete, dass Marmorstückchen im Magensafte an Gewicht verloren. Der Magensaft von Hunden indessen, die mit Knochen gefüttert wurden, enthält nach *Schmidt* wirklich doppelt phosphorsauren Kalk gelöst.

Mit dem Beweise, dass freie Milchsäure im Magensafte vorkommt, war aber die Abwesenheit der Salzsäure noch nicht dargethan. *Schmidt* (Ann. der Chemie und Pharm. März 1847. S. 311) und *Mulder* gaben an, die Salzsäure könne sich mit eiweissstoffigen Substanzen verbinden, und zwar so, dass sie durch Destillation nicht ausgetrieben wird: wenn also Eiweisskörper zugegen wären, so könne die etwa vorhandene Salzsäure leicht übersehen werden. *Bernard* und *Barreswil* glaubten freilich bewiesen zu haben, dass Salzsäure nicht vorhanden ist. Verdünnte Oxalsäure bringt nämlich im filtrirten Magensafte eine Trübung zu Wege durch Bildung sauerkleesauren Kalks, und schon $\frac{1}{1000}$ Salzsäure hindert einen solchen Niederschlag; auch fanden sie, dass Stärkemehl, mit Magensaft gekocht, die Eigenschaft, durch Jod sich zu bläuen, nicht verliert, was doch der Fall ist, wenn es selbst nur in sehr verdünnter Salzsäure gekocht wird. Allein diese Reagentien sind nicht empfindlich genug, um die Abwesenheit der Salzsäure ausser Zweifel zu stellen, und dann kann auch die Salzsäure bereits mit Eiweisssubstanzen in Verbindung gewesen sein. *Mulder* verharrte demnach bei der Ansicht, dass Gründe vorhanden seien, der Salzsäure noch immer die erste Stelle bei der Verdauung einzuräumen. Chlormagnesium, welches im Magensafte vorkommt, wird durch die blosse Sonnenwärme in dem mit organischen Substanzen geschwängerten Seewasser zersetzt und giebt Salzsäure aus; aber auch bei Anwesenheit von doppelt phosphorsaurem Kalke, von Milchsäure und andern Säuren giebt das Chlormagnesium Salzsäure aus, und wenn diese freie Salzsäure Eiweiss, Fibrin, Casein findet,

so wird sie nach *Mulder* sogleich gebunden und tritt bei der Destillation nicht hervor.

Wirklich hat es sich durch *Schmidt's* Untersuchungen herausgestellt, dass die wesentliche Säure des Magensaftes Salzsäure ist. Wir theilen seine Analysirmethode etwas ausführlicher mit. Meistens wurden etwa 100 Gramme Magensaft mit Salpetersäure stark angesäuert und durch salpetersaures Silber präcipitirt: das erhaltene Chlorsilber war frei von organischen Substanzen und konnte als solches gewogen werden. Das überschüssige Silber wurde hierauf mit Salzsäure niedergeschlagen, dann wurde filtrirt, der gesammelte Niederschlag aber getrocknet, vorsichtig zu Asche verbrannt, und die gesammte Basis wurde nun bestimmt. Bei allen Analysen war die direct gefundene Salzsäuremenge grösser, als das Salzsäureäquivalent der Basen. Hierauf wurde die freie Säure durch Neutralisiren mit Kali, mit Kalk, mit Baryt quantitativ bestimmt, und die Mengen dieser Basen entsprachen ziemlich genau dem Ueberschuss an Salzsäure. Auf 100 Gramme der Basis kamen nämlich beim Hunde bei vorwaltender Fleischfütterung im speichelfreien Magensafte im Mittel 97,9 pCt. Salzsäure, bei vorwaltender vegetabilischer Fütterung und im speichelhaltigen Magensafte 94 pCt., beim Schaafe mit vegetabilischer Kost und gefülltem Magen 53,6 pCt. Nur beim letztern konnte eine grössere Menge einer andern Säure vorhanden sein, die hier wohl vom Futter abstammen musste. *Bidder* und *Schmidt* geben ferner an, der mit Baryt neutralisirte Magensaft gebe, wenn die anorganische Substanz in Abzug gebracht wird, bei der Elementaranalyse 12 bis 14 pCt. Stickstoff, und die aus Magensaft erhaltene Pepsine, wenn sie im unreinen Zustande analysirt wird, enthalte nur wenig mehr, nämlich 15 bis 16 pCt. Stickstoff. Dies ist aber ein schwaches Argument. Sie fanden selbst 17,5 bis 18 pCt. darin, so dass doch wohl eine nicht unbedeutende Menge einer stickstofffreien Substanz im Magensafte vorkommen konnte. — Im menschlichen Magensafte, aus der Fistel der Ehstnischen Frau, wurde bei den ersten Analysen, wo er mehr oder weniger mit Speisen gemengt war, gar keine Salzsäure erhalten; man fand nur Buttersäure, Metacetonsäure und wahrscheinlich Milchsäure, deren Anwesenheit sich aus einer Umsetzung der gebrauchten Nahrung ableiten liess. Nachdem die Frau einige Dutzend Erbsen mit etwas Wasser verschluckt hatte, wurde ein reinerer Magensaft erhalten, aus welchem *Schmidt* dann auch eine geringe Menge Salzsäure darstellte. — Nach allem diesem ist es wahrscheinlich geworden, dass die von *Lehmann* gefundene Milchsäure nicht unmittelbar als solche secernirt wurde, sondern aus den Speisen abstammte, obwohl er in einigen Fällen den Hunden nur Knochen gegeben hatte.

Schmidt hat viele Analysen eines speichelfreien und einzelne Analysen eines speichelhaltigen Magensaftes vom Hunde, desgleichen auch ein Paar Analysen vom Magensafte des Schaafs mit grosser Genauigkeit ausgeführt. Beim Hunde fand er mehr freie Säure als beim Schaafe. Allemal waren auch Ammoniaksalze zugegen. Die Mittel aus den verschiedenen Analysen der drei Magensaftarten sind in der folgenden Tabelle vergleichend zusammengestellt zugleich mit *Schmidt's* Analysen des menschlichen reinen Magensaftes. In Betreff der letztern Analyse ist festzuhalten, dass eine Spur vorhandenen Ammoniums nicht einzeln bestimmt wurde, die gefundene Menge der freien Säure also etwas zu gross ist. Andererseits war der erhaltene Magensaft durch das mit den Erbsen verschluckte Wasser etwas verdünnt und ausserdem durch Speichel zum Theil neutralisirt.

	Speichelfreier Magensaft des Hundes.	Speichelhaltiger Magensaft des Hundes.	Magensaft des Schaafs.	Speichelhaltiger Saft des Menschen.	Speichelhaltiger Saft des Menschen.
Wasser	973,062	971,171	986,147	994,610	994,190
Ferment	17,127	17,336	4,055	3,016	3,374
Salzsäure	3,050	2,337	1,234	0,217	0,183
Chlorkalium . . .	1,125	1,073	1,518	0,570	0,530
Chlornatrium . .	2,507	3,147	5,369	1,345	1,584
Chlorcalcium . .	0,624	1,661	0,114	0,092	0,031
Chlorammonium	0,468	0,537	0,473	—	—
Phosphors. Kalk	1,729	2,291	0,182	}	}
,, Magnesia	0,226	0,323	0,577	} 0,150	} 0,100
,, Eisen . .	0,082	0,121	0,331	}	}
Feste Bestandth. zusammen . . .	26,938	28,829	13,853	5,390	5,802 (?)

§ 79. Speisebrei oder Chymus.

Wenn die Magenverdauung früherhin als eine rein mechanische Function angesehen wurde, so lieferte *Réaumur* im J. 1752 den Beweis, dass in dem Magen eine Flüssigkeit abgesondert wird, welche auf die Nahrungssubstanzen lösend einwirkt. Der Magensaft, welchen er mittelst Schwämmchen aus dem Magen erhielt, wirkte auch ausserhalb des Magens lösend ein, und Nahrungssubstanzen, welche in durchbohrten metallenen Röhrchen in den Magen von Thierchen eingeführt wurden, lösten sich, ohne dass eine mechanische Reibung auf sie einwirken konnte. Durch alle ferneren Untersuchungen ist die auflösende Wirkung des Magensaftes bestätigt worden.

Der innerhalb des Magens aus den Nahrungssubstanzen gebildete Brei, der sogenannte Chymus besteht zum Theil aus gelösten, zum Theil aus ungelösten Stoffen. Die erstern so gut wie die letztern wechseln je nach der Art der genossenen Nahrung. Ein Theil der gelösten Substanzen wird bereits im Magen aufgesaugt. Ein anderer Theil tritt mit den ungelösten Stoffen allmählig in den Zwölffingerdarm über, während zu Anfang der Verdauung der Pylorus durch die Pförtnerklappe geschlossen ist und den Uebertritt in den Zwölffingerdarm behindert. Bei den Herbivoren ist der Magen niemals ganz leer. Beim Menschen dagegen sind die meisten Speisen schon nach 3 bis 5 Stunden aus dem Magen verschwunden, wie es *Beaumont* bei einer zufällig entstandenen Magenfistel wahrnehmen konnte. Aber nicht blos die Art, sondern auch die Menge der genossenen Nahrung übt hierauf einen grossen Einfluss.

Unter die gelösten Bestandtheile rechnen wir alle im Wasser und im Magensafte löslichen Substanzen. Dahin gehören Dextrin, Zucker, Pectin, Gallerte, Chlorverbindungen, Salze mit alkalischer Basis, Kalksalze, Eisen, und vor allem die Proteinverbindungen.

Ein Theil der Proteinverbindungen, und beim Menschen wohl der grösste Theil, geht aber in die Gedärme über ohne gelöst zu sein, zugleich mit den Fetten, mit einem Theile des Stärkemehls, mit Bestandttheilen des Fleisches, des Bindegewebes u. s. w., die dann im Darmkanale der fernern Auflösung unterliegen, aber auch mit andern der Auflösung gar nicht fähigen Substanzen, wie die Bestandtheile des Horngewebes, die Epidermis, die Spiralfasern der Pflanzen u. s. w.

Viele von den gelösten Substanzen sind schon im blossen Wasser löslich; von anderen, namentlich von den festen Proteinverbindungen, gilt dies durchaus nicht. Wir haben nun zu untersuchen, welche Bestandtheile des Magensaftes lösend einwirken, und welchen Veränderungen die Substanzen selbst bei der Auflösung unterliegen.

Ueber den Zeitraum, wie lange verschiedene Nahrungsmittel, wenn sie zugleich mit Brod und mit Gemüse genossen werden, im Magen verbleiben, fand *Beaumont* Folgendes. Wildpret war in $1\frac{1}{2}$ Stunden aus dem Magen, Brod mit kalter Milch erforderte 2 Stunden, gekochter Stockfisch ebenfalls 2, gehacktes Fleisch $2\frac{1}{2}$, junges Schweinefleisch $2\frac{1}{2}$, wilde Gans $2\frac{1}{2}$, Hahn $2\frac{1}{2}$, Austern $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$, geröstetes Rindfleisch $2\frac{3}{4}$ bis $3\frac{1}{2}$, gekochtes Rindfleisch $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ (Mittel von zehn Versuchen $3\frac{3}{4}$ Stunden), Pökelfleisch $3\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{4}$, frisch eingesalzenes Schweinefleisch gekocht $3\frac{1}{2}$ bis 6 (Mittel von zehn Versuchen $4\frac{1}{2}$), frisch gebratenes Schweinefleisch $3\frac{1}{4}$ bis $4\frac{1}{2}$, gebratenes Lammfleisch 4 bis $4\frac{1}{2}$, hartgesottene Eier $4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ (Mittel von fünf Versuchen $4\frac{3}{4}$), gekochtes Huhn (nach drei Versuchen) 4, gebratenes Kalbfleisch $3\frac{3}{4}$ bis $5\frac{1}{2}$ (Mittel aus sieben Versuchen $4\frac{1}{2}$), trocknes Brod mit Kaffee oder Kartoffelbrei (zwei Versuche) $3\frac{3}{4}$ Stunden. — Aehnliche Versuche bei der mehrgenannten Ehstnischen Frau gaben ziemlich gleiche Resultate: $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Stunden nach der Aufnahme von Nahrung war der Magen ziemlich leer.

§ 80. Wirkung des Magensaftes.

Im Magen werden die unlöslichen Proteinverbindungen und die leimgebenden Substanzen unter der Einwirkung des Magensaftes aufgelöst, und jene in Wasser unlöslichen Substanzen erleiden daselbst eine Umänderung ihrer Eigenschaften. Die hieraus hervorgehenden Substanzen werden *Peptone* genannt.

Im Magen selbst erfolgt die Auflösung weit rascher als in dem Magensafte ausserhalb des Magens, wahrscheinlich nur in Folge der Bewegung und der fortdauernd neuen Zufuhr von Magensaft. Es

lösen aber 100 Gramme Magensaft nach *Lehmann* im Mittel 5 Gramme, nach *Bidder* und *Schmidt* jedoch nur 2,2 Gramme geronnenes Eiweiss.

Vor den Untersuchungen *Eberle's* (1834) wusste man nicht, welchen Stoffen die Umwandlung der festen Proteinverbindungen und der leimgebenden Körper in auflösliche Substanzen zuzuschreiben sei. Das geronnene Eiweiss und das unlösliche Pflanzeneiweiss, die unter der Einwirkung des natürlichen Magensaftes in lösliche Verbindungen umgewandelt werden, widerstehen den schwachen Säuren; mithin konnte die Säure im Magensafte für die Auflösung nicht in Betracht kommen. *Eberle* richtete seine Aufmerksamkeit auf die Schleimschicht, welche, wie wir sahen, zu Anfang der Verdauung die aufgenommene Nahrung umhüllt und wies nach, dass dieser sogenannte Schleim, nicht minder aber auch die Schleimhaut selbst das Vermögen besitzt, die genannten Körper in kurzer Zeit aufzulösen, wenn er mit sehr verdünnter Salzsäure gemischt und der Blutwärme ausgesetzt wird. Nach *Eberle* sollte eine verdünnte Säure und Schleim, gleichviel woher dieser genommen wird, einen künstlichen Magensaft bilden, der gleich gut als der natürliche Magensaft verschiedene Substanzen auflösen könnte.

Bald darauf bewies aber *Schwann*, dass es nicht einerlei ist, welcher Schleim dazu benutzt wird, und dass nur der Magenschleim oder ein Auszug der Magenschleimhaut in Verbindung mit schwacher Salzsäure als ein künstlicher Magensaft zu betrachten ist, und die Untersuchungen von *Wasmann* thaten kurz darauf dar, dass am Schweinsmagen nur einer bestimmten Strecke der Schleimhaut (wo sich die Labdrüsen befinden) mit Säure verbunden die Eigenschaft grosser Lösungsfähigkeit zukommt. *Schwann* und *Wasmann* waren auch bereits bemüht (s. § 78), die organische Substanz der Magenschleimhaut, welcher die auflösende Wirkung zukommt, zu isoliren, und *Schwann* bezeichnete diesen Körper als P e p s i n.

Diese Angaben sind dann von vielen Seiten her bestätigt worden. Wir sahen, dass die Schleimhaut des menschlichen Magens überall, eine kleine Stelle in der Nähe des Pylorus ausgenommen, mit Labdrüsen ausgestattet ist, und wo diese sich befinden, da äussert die Schleimhaut bei künstlichen Verdauungsversuchen ihre auflösende Wirkung und da wird auch gewiss während des Lebens Magensaft abgesondert.

Die Versuche haben ferner dargethan, dass nur Salzsäure und Milchsäure (wenigstens keine andern mineralischen Säuren) geeignet

sind, in Verbindung mit der Pepsine aus den Labdrüsen des Magens einen kräftigen künstlichen Magensaft zu bilden. Wir haben gesehen, dass wahrscheinlich beiderlei Säuren bei der Verdauung im Magen vorhanden sind, die erstere als Absonderungsproduct, die letztere vielleicht nur aus den Speisen sich bildend. Es ist leicht einzusehen, dass diese sich bildende Säure nicht gleichgültig für die Verdauung ist. Die Salzsäuremenge ist beim Menschen so unbedeutend, dass sie alsbald durch die Eiweisssubstanzen gebunden wird, worauf die gebildete Milchsäure die thätige Rolle übernimmt. Dies ergiebt sich ganz deutlich aus *Schmidt's* Analysen, da derselbe aus jener während der Verdauung im menschlichen Magen vorhandenen Flüssigkeit keine Salzsäure gewinnen konnte, sondern nur flüchtige Fettsäuren und wahrscheinlich auch Milchsäure fand. Die Analysen von *Schmidt* lehren auch, dass je nach den Umständen eine verschiedene Verdauungsflüssigkeit im Magen vorkommt, die natürlicher Weise vom reinen Magensafte verschieden ist.

Réaumur und *Spallanzani* sind die ersten, welche mit natürlichem Magensafte ausserhalb des Magens Versuche anstellten. Später wiederholte *Beaumont* dergleichen mit menschlichem Magensafte, und seitdem man den natürlichen Magensaft aus künstlichen Magenfisteln sich verschaffte, wurde damit vielfach experimentirt. Vornehmlich verdienen die Experimente von *Bidder* und *Schmidt* Beachtung, welche zum guten Theil schon in der Dissertation von *Hübbenet* mitgetheilt worden sind. Sie benutzten cylinderförmige Eiweissstückchen, welche in Röhrchen von der nämlichen Form coagulirt waren, und durch genaue Gewichtsbestimmung wiesen sie nach, dass der saure Magensaft in der nämlichen Zeit weit mehr auflöst, als ein alkalisch oder neutral gemachter Magensaft. Der saure Magensaft löste 36,8 pCt., der neutrale 8,71 pCt. und der alkalische gar nur 7,7 pCt. Durch Galle wurde die Einwirkung ganz aufgehoben. Gekochter Magensaft bewirkte ebenfalls keine Veränderung, und eben so wenig ein Gemenge von Schleim und Säure. Filtrirter und nichtfiltrirter Magensaft wirkten gleich kräftig. Sie brachten ferner coagulirtes Eiweiss in Säckchen von dünner Gaze durch Fisteln in den Magen von Hunden ein und untersuchten nach 2, 4, 6 Stunden, wie viel aufgelöst worden war. Im Mittel waren von 100 Theilen Eiweiss aufgelöst:

	Nach 2 Stunden.	Nach 4 Stunden.	Nach 6 Stunden.	Nach 22 Stunden.
Hund mit unterbundenen Speichelgängen	29,4	62,64	76,08	
Hund, dem der Speichel zufliessen konnte	26,95	45,44	65,44	
Schaaf	17,02	32,36	43,66	89,88

Bei dem pflanzenfressenden Schaafe, dessen Magensaft mehr verdünnt ist, (s. § 78), geht also die Auflösung des geronnenen Eiweisses viel langsamer von Statten. Ferner wird bei dem Hunde mit unterbundenen Speichelgängen in der nämlichen Zeit entschieden mehr aufgelöst, als wenn der Zutritt des Speichels nicht behindert ist. Der Auflösung des coagulirten Eiweisses ist also der Speichel eher nachtheilig als förderlich. *Bidder* und *Schmidt* schreiben dies der neutralisirenden Wirkung des alkalischen Speichels zu.

Diese Versuche wurden auch bei der Ehstnischen Frau mit der Magenfistel vorgenommen. Alsbald stellte es sich heraus, dass der menschliche Magensaft innerhalb und ausserhalb des Magens auf Eiweisskörper viel schwächer einwirkt, als der Magensaft des Hundes und selbst des Schaafs. Vom geronnenen Eiweiss wurden ausserhalb des Magens binnen 15 bis 20 Stunden im Mittel nur 20 pCt. gelöst, und zwar in dem Maasse mehr, als der Magensaft saurer war. Indessen hatte der alkalische Magensaft eine stärkere Wirkung, denn er löste unter gleichen Umständen 35 pCt. In der nämlichen Zeit wurden von gekochtem Rindfleische 23 pCt., von rohem Rindfleische 25 pCt. gelöst. Wurde geronnenes Eiweiss in Gazesäckchen in den Magen gebracht, so waren binnen 5 Stunden nur 23,6 pCt., binnen 8 Stunden 39 pCt. gelöst. Während der Hundemagen die in Tüll eingeschlossenen Substanzen in 2 bis 4 Stunden ganz auflöste, brauchte der menschliche Magen 19 — 20 Stunden hierzu. Es unterliegt daher wohl kaum einem Zweifel, dass eine beträchtliche Menge der Eiweisssubstanzen, welche der Mensch geniesst, unaufgelöst in die dünnen Därme übergeht; denn nach 4 Stunden findet man den Magen ja ziemlich leer.

Nachdem es ermittelt worden war, dass nur während der Verdauung ein saurer Magensaft abgeschieden wird, wurde man von selbst darauf geleitet, die auflösende Wirkung den Säuren beizumessen. Man fand aber, dass diese nicht alle Proteinverbindungen auflösen, und dass sie dieselben auch nicht in der Weise verändern, wie es durch den Magensaft geschieht. *Eberle's* Entdeckung, dass der sogenannte Magenschleim eine zweite Bedingung ist, eröffnete ein neues Feld der Nachforschung, auf welchem *Eberle* als Begründer der künstlichen Verdauung auftrat. Man hat auf dem von *Eberle* betretenen Wege hinlänglich Gelegenheit, den Veränderungen nachzuspüren, denen die verschiedenen Nahrungssubstanzen durch die Verdauung unterliegen, und auch jetzt noch, wo man durch das Anlegen von Magenfisteln natürlichen Magensaft bekommen und die Verdauung im Magen selbst verfolgen kann, haben die künstlichen Verdauungsversuche einen hohen Werth, um den zusammengesetzten Process zu analysiren und die Veränderungen in den Bestandtheilen der Nahrung zu erforschen.

Um künstlichen Magensaft zu bereiten, trennte *Eberle* (a. a. O. S. 122) aus dem Labmagen des Kalbes die Schleimhaut ab, wusch sie mit kaltem Wasser aus, bis sie nicht mehr sauer reagirte, und trocknete sie bei gewöhnlicher Temperatur. Von einer solchen Schleimhaut schnitt er kleine Stückchen ab, liess sie in Wasser von 28 — 30° aufschwellen, setzte einige Tropfen Säure zu, wodurch sie eine schleimige Beschaffenheit bekamen, fügte hierauf mehr Wasser zu und filtrirte. — Besser ist es, man benutzt nicht die ganze Schleimhaut, da ja doch nur der Inhalt der Labdrüsen wirksam ist. Man isolirt und reinigt jene Theile der Schleimhaut, worin sich die genannten Drüsen befinden, legt sie ein Paar Stunden bei gewöhnlicher Temperatur in destillirtes Wasser, streicht dann unter mässigem Drucke mit einem Messerrücken über die freie Fläche der Schleimhaut, wodurch der Inhalt der Drüschen als ein graulicher Schleim ausgepresst wird, mengt diesen Schleim mit destillirtem Wasser, worin er ein Paar Stunden bleibt unter jeweiligem Schütteln, um eine bessere Vertheilung zu bewirken, setzt dann 1 oder $\frac{1}{2}$ pCt. freie Salzsäure hinzu und erhält diese Mischung $\frac{1}{2}$ Stunde lang auf der Temperatur der Blutwärme. Die Mischung lässt sich nun leicht filtriren und es geht eine ganz klare, kaum gefärbte Flüssigkeit durch. Mit Pepsine allein, ohne dass Säure zugesetzt wird, gehen Eiweiss und derartige Substanzen rasch in Zersetzung über.

Lehmann (*Simon's* Beiträge zur Chemie und Mikroskopie Bd. 1. S. 21) hat bewiesen, dass die Anwesenheit einer gewissen Menge Fett der Auflösung von Proteinsubstanzen im Magensafte förderlich ist, und *Elsässer* (Die Magenerweichung der Säuglinge, 1846) bestätigte es. — Bereitet man den künstlichen Magensaft aus solchen Stücken der Magenschleimhaut, in denen keine Labdrüsen vorkommen, oder aus einer andern Schleimhaut, z. B. vom Darme, dann wirkt die gewonnene Flüssigkeit viel langsamer auflösend auf die festen Proteinsubstanzen, wenn auch eine solche Flüssigkeit, wie wir gefunden haben,

die blosse Säure einigermassen an Wirksamkeit übertrifft (s. § 77). — Es steht somit fest, dass nur die Labdrüsen einen Stoff liefern, welcher Pepsin genannt zu werden verdient, und dass der thierische Schleim, wenn ihm auch eine umwandelnde Eigenschaft nicht ganz abzuspeechen ist, nur einigermassen die Auflösung befördert. (S. auch *Frerichs* a. a. O. S. 795.)

Wie erwähnt, haben *Bidder* und *Schmidt* gefunden, dass die Flüssigkeiten der Mundhöhle der Auflösung geronnenen Eiweisses eher hinderlich als förderlich sind. Bei den Versuchen ausserhalb des Körpers erlangten wir die nämlichen Resultate. Dagegen fanden wir, dass gekochtes Fleisch, welches gleichzeitig mit Speichel gemengt wird, rascher erweicht und zerfällt, als wenn es bloss mit künstlichem Magensafte behandelt wird. Bei allen unsern Versuchen wurden die Schälchen zur Vergleichung in das nämliche Wasserbad von 37° gesetzt. — Die oben erwähnten Ergebnisse mit dem Magensafte der Ehstnischen Frau, der im alkalischen Zustande (wenn er mit Speichel gemengt war) stärker auf geronnenes Eiweiss einwirkte, machen fernere Untersuchungen keineswegs überflüssig.

Es ist nun auch nicht einerlei, welche Säure zum künstlichen Magensafte genommen wird. Früher benutzte man nur Salzsäure, oder manchmal auch Essigsäure. *Blondlot*, der, wie erwähnt, das Vorkommen einer freien Säure im Magensafte mit Unrecht in Abrede stellte, wollte gefunden haben, dass alle Säuren und selbst die sauren Salze gleich gut dazu benutzt werden könnten. Wir haben indessen eben so wie *Lehmann* (Bd. 2. S. 54) gefunden, dass Salzsäure und Milchsäure einen weit kräftigern künstlichen Magensaft bilden helfen, als Essigsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure, und müssen deshalb *Blondlot's* Behauptung bestimmt entgegen treten. *Schwann* hat schon zu ermitteln gesucht, welche Säuremenge am vortheilhaftesten ist, und fast alle Autoren geben etwas verschiedenene Mengen als die geeignetsten an. So viel steht fest, dass eine zu grosse Säuremenge die auflösende Kraft zerstört. Wenn viele eiweissstoffige Körper vorhanden sind, dann braucht die Säure nicht so sehr verdünnt zu sein, weil jene Körper sich mit Salzsäure vereinigen können. Dem ist es zuzuschreiben, dass eine frisch hinzugesetzte Säuremenge manchmal die Auflösung neuerdings wieder in Gang bringen kann. Bei einer hinreichenden Menge von künstlichem Magensafte ist 1 pCt. Salzsäure ausreichend; im natürlichen Magensafte ist die Menge noch weit geringer. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass die bei gemischter Nahrung sich bildenden Säuren, namentlich die Milchsäure gleich nutzbar werden, als die ursprünglich abgesonderte Säure.

§ 81. Eigenschaften der Peptone.

Viele Proteinverbindungen werden allerdings schon in blosser verdünnter Salzsäure gelöst; allein auch diese erleiden durch den Magensaft eine wesentliche Umänderung. Wenn auch, wie die Analysen von *Mulder* und von *Lehmann* gelehrt haben, diese Substanzen alle ihre ursprüngliche Zusammensetzung (selbst den Schwefelgehalt) beibehalten, so haben sie doch als Peptone viele Eigenschaften mit einander gemein, mögen sie von Proteinverbindungen oder von leimgebenden Körpern abstammen. Sie coaguliren nicht mehr durch Hitze und nur wenige Substanzen bewirken in ihnen Niederschläge. Nach *Lehmann's* Beschreibung sind es weissliche Substanzen, die keinen Geruch und fast keinen Geschmack besitzen, in Wasser löslich, in starkem Alkohol unlöslich sind und sauer rea-

giren. Mit Alkalien und Erden bilden sie lösliche Salze, welche durch Gerbsäure, durch Sublimat, durch ammoniumhaltiges essigsaures Blei niedergeschlagen werden, sonst aber durch kein anderes Metallsalz und eben so wenig durch Säuren. Eisencyankalium bewirkt in der sauern Lösung nur eine schwache Trübung.

Früher glaubte man, die löslichen Proteinverbindungen würden unverändert aufgesaugt. Nachdem man wusste, dass der Käsestoff im Magen coagulirt und dann doch noch gelöst werden muss, hielt man doch noch vom löslichen Eiweiss die Ansicht fest, dass es bei der Verdauung keine Umänderung erleide. Dafür sprach besonders die Beobachtung von *Tiedemann* und *Gmelin*, dass wenigstens etwas Eiweiss unverändert in die dünnen Gedärme übertritt. Auch *Eberle* (a. a. O. S. 61) fand bei einem Hunde, welcher 3 Stunden vorher das Eiweiss von acht Hühnereiern bekommen hatte, noch eine geringe Menge einer gelben schleimigen Flüssigkeit im Magen, welche durch Siedhitze vollständig coagulirte. Indessen hatten *Prout* und *Beaumont* bereits gefunden, dass auch flüssiges Eiweiss im Magen sich umändert, und durch Versuche mit natürlichem sowohl als mit künstlichem Magensafte (*Mialhe* und *Lehmann*) ist diese Angabe bestätigt worden. Wenn nun aus einigen Versuchen von *Eberle* folgt, dass wenigstens viele Stunden vergehen, bevor alles Eiweiss die Gerinnungsfähigkeit verloren hat, so kann es wohl geschehen, dass ein Theil des Eiweisses den Magen im unveränderten Zustande verlässt; allein gewiss erfährt dies dann noch weitere Umänderungen im Darmkanale, weil das unveränderte Eiweiss als solches gar nicht aufgesaugt werden kann. Die hierauf bezüglichen Versuche von *Mialhe* (*Union méd.* 1852) haben wir bestätigend wiederholt.

Die Eigenschaften der meisten Proteinverbindungen, die im Magen von Thieren oder durch künstlichen Magensaft aufgelöst wurden, hat *Eberle* (a. a. O. S. 81) bereits untersucht und verglichen. *Mialhe* (*Journ. de Chimie et de Pharmacie. 3me Serie. T.* 10. *p.* 161) wies nach, dass verschiedene im Magensafte aufgelöste Proteinverbindungen in ihren Eigenschaften ziemlich mit einander übereinstimmen, und er nannte den sich bildenden Körper Albuminose. Die genauesten Untersuchungen über diesen Gegenstand verdanken wir aber *Lehmann*. Mit natürlichem und mit künstlichem Magensafte bereitete er Peptone aus reinem geronnenen Eiweiss, Fibrin, Casein, Legumin, Leim und Chondrin. Alle diese Peptone hatten ziemlich übereinstimmende Eigenschaften; die Elementaranalyse zeigte jedoch, dass ihr Stickstoff-, Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Schwefelgehalt unverändert geblieben war. Bei dieser Umwandlung wurden auch keine Gase entwickelt und es wurde nicht einmal Wasser gebunden. Das Nämliche hatte zum Theil schon *Mulder* (Phys. Chemie. Braunschweig. S. 1017 u. fg.) angegeben: die Niederschläge von Fibrin und von Casein aus der salzsauren Lösung, so wie von geronnenem Eiweiss aus der Auflösung in künstlichem Magensafte hatten keine nachweisbare Veränderung ihrer chemischen Constitution erfahren.

§ 82. Theorie der Verdauung.

Wir haben gesehen, dass die eiweissartigen Verbindungen und die leimgebenden Substanzen, wenn sie der Einwirkung einer verdünnten Säure und eines organischen Bestandtheils des Magensaftes (Pepsine) unterliegen, sich umändern, und dass die unlöslichen zugleich gelöst werden. Es fragt sich nun um eine Erklärung dieser Wirkung. Manche haben darin eine blosse einfache Auflösung gefunden: die organische Substanz des Magensaftes sollte sich chemisch mit

der Säure verbinden und diese zusammengesetzte Verbindung sollte die Eigenschaft besitzen, die genannten Stoffe aufzulösen. Dieser Ansicht ist vornehmlich *Schmidt* zugethan. Er nimmt im Magensafte eine gepaarte Verbindung aus Pepsin und Salzsäure an, die er als Chlorpepsinwasserstoffsäure bezeichnet hat. Diese Säure soll mit Eiweisskörpern, mit Leim u. s. w. lösliche Verbindungen bilden und durch neue Salzsäure wiederum davon getrennt werden; hierauf könne sie sich von Neuem mit andern Eiweisskörpern verbinden, während die erstern in ihrer Vereinigung mit Salzsäure gelöst bleiben. So werde es erklärlich, dass nur so wenig Pepsin nöthig ist. Eine Stütze seiner Theorie findet *Schmidt* auch darin, dass durch einen neuen Zusatz von Salzsäure die bereits beendigte Wirkung des Magensaftes wiederum angeregt wird. — Diese gepaarte Säure indessen ist ganz hypothetisch. Zudem lässt diese Theorie die Veränderungen unerklärt, welche die aufgelösten Substanzen als Peptone erfuhren, und es lässt sich auch kein quantitatives Verhältniss zwischen der Säure und dem Aufgelösten nachweisen (*Lehmann*).

Viel besser scheint uns jene Theorie, welche in der Pepsine ein Ferment findet. Dafür spricht, dass die Wirkung des Magensaftes durch Kochen, durch Erwärmung bis über 60°, durch concentrirte Säuren, starke Alkalien, absoluten Alkohol, schweflige Säure, arsenige Säure, Gerbsäure, Alaun und die meisten Metallsalze aufgehoben wird. Damit stimmt es auch, dass so wenig Pepsine nöthig ist, und dass die Proteinverbindungen eine Umänderung erleiden, welche mit der Umsetzung des Stärkemehls in Dextrine verglichen werden kann (*Mialhe*). Als ein solches Ferment ist die Pepsine anzusehen. Wir kennen keine andere Substanz, die dieses Vermögen in gleichem Maasse besässe oder der Pepsine darin nur einigermassen nahe käme; wir halten die Pepsine für einen eigenthümlichen Stoff, der nur in den Labdrüsen des Magens sich bildet. Die Wirksamkeit dieses Princips ist aber an die Anwesenheit einer Säure geknüpft, fehlt diese, dann tritt alsbald die gewöhnliche Fäulniss ein. Die Säure im Magensafte hat also wesentlich die Bestimmung, die Richtung der durch die Pepsine zu bewirkenden Umsetzung zu bestimmen. Sind die Eiweisskörper, der Leim u. s. w. einmal in dieser Richtung umgeändert, dann ist die Säure nicht mehr zu ihrer Auflösung nöthig: durch Neutralisirung der sauern Peptone werden sie nicht mehr präcipitirt, und der sich bildende Niederschlag besteht fast allein aus Kalksalzen. Die Säure

ist ferner wichtig für die Auflösung von Erd- und Metallsalzen. Werden diese manchen organischen Substanzen entzogen, so kann vielleicht deren Auflösung durch Pepsine befördert werden.

Mit grossem Scharfsinne hat *C. Schmidt* seine Hypothese vertheidigt (Annal. d. Chemie u. Pharm. Bd. 56. S. 22, 318, 323), dass Chlorpepsinwasserstoffsäure als lösender Stoff vorhanden sei. Er vergleicht sie der Holzschwefelsäure; gleichwie diese in Dextrin und Schwefelsäure sich trennen kann, so zerfalle die Chlorpepsinwasserstoffsäure durch Kochen in Salzsäure und Pepsine, und die letztere präcipitire sich dabei. Dieses Präcipitirtwerden nahm *Schmidt* indessen ohne Grund an, indem er auf eine Eigenschaft zählte, welche *Wasmann* an seiner mit Eiweiss verunreinigten Pepsine gefunden hatte. Damit fällt der alleinige Grund für die Annahme, dass die hypothetische Säure durch Kochen zersetzt werde, und *Schmidt's* Hypothese erklärt somit nicht, warum der gekochte Magensaft seine lösende Wirkung verloren hat. In dem späterhin mit *Bidder* herausgegebenem klassischen Werke steht diese Hypothese auch nicht mehr im Vordergrunde.

Die angenommene Fermentwirkung der Pepsine erklärt die Lösung freilich nicht, sie schliesst sich aber doch an manche Erscheinungen ähnlicher Art an. Ueberdies sahen wir, dass diese Theorie genügend erklärt, weshalb die Wirksamkeit der Pepsine durch verschiedenartige Einflüsse zu Grunde geht. Dass die Lösung des geronnenen Eiweisses so langsam zu Stande kommt und dass ausserdem eine höhere Temperatur dazu erforderlich ist, das passt auch weit besser zur Vorstellung einer stattfindenden Zersetzung, als einer Auflösung. Vielleicht ist auch die Molekularbewegung, welche im Magensafte wahrgenommen wird, nicht ohne Bedeutung; sie greift die Eiweisstheilchen schon auf mechanische Weise an.

§ 83. Einfluss des Nervensystems auf die Magenverdauung.

Wenn auch die Verdauung im Magen als eine blos chemische Wirkung anzusehen ist, so steht sie doch in doppelter Beziehung unter dem Einflusse des Nervensystems: die Nerventhätigkeit kann die Bewegungen des Magens, und sie kann dessen Secretion modificiren. Von den Bewegungen wird beim Mechanismus der Verdaung die Rede sein, und wir sprechen deshalb hier nur von der Beziehung des Nervensystems zur Magenabsonderung.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Absonderung des Magensaftes unter dem Einflusse des Nervensystems steht. Reizung der Schleimhaut durch verschiedene Substanzen, vorzüglich indessen durch Nahrungsmittel, ist eine Bedingung für die Absonderung des wahren sauern Magensaftes. Schleim bildet sich fortwährend im Magen: damit aber Magensaft austrete, muss eben so, wie bei der Speichelabsonderung, ein Reiz einwirken, und hieraus ergiebt sich die Abhängigkeit dieser Absonderung von der Nerventhätigkeit. Bekanntlich können auch verschiedene Gemüthsbewegungen die Magenverdauung bedeutend stören, und wahrscheinlich ist diese Störung einer modificirten Absonderung des Magensaftes zuzuschreiben.

Der einzige Weg, wie man den Einfluss des Nervensystems auf die Magenverdauung und auf die Absonderung des Magensaftes experimentell zu erforschen gesucht hat, ist der, dass man beide Vagi, die sich zum Theil am Magen ausbreiten, durchschnitt. Die meisten namhaften Physiologen haben derartige Versuche angestellt, die erhaltenen Resultate sind indessen sehr abweichend von einander. Durch *Frerichs* schien es sicher dargethan zu sein, dass durch die genannte Nervendurchschneidung die Absonderung des Magensaftes behindert wird, was eine gehinderte Lösung und Umänderung der Eiweisskörper zur Folge hätte. Ein Paar Stunden nach der Durchschneidung nämlich, wenn Fleischnahrung gegeben wurde, fand er alkalische Reaction des Mageninhalts und der Magenschleimhaut, und das Fleisch nebst dem geronnenen Eiweisse hatten kaum einige Veränderungen erlitten. Auch die wiederholt ausgebrochne und wieder aufgeleckte Milch reagirte fortwährend alkalisch.

Dem widersprechen aber die Untersuchungen von *Hübbenet* sowohl, als die späteren von *Bidder* und *Schmidt*. Diese durchschnitten die Vagi bei Hunden, welche Magenfisteln hatten. Bei *Hübbenet's* Versuchen nahm allerdings die Acidität des Magensaftes ab, und eben so schien auch weniger Magensaft abgeschieden zu werden: aber nur bei einem einzigen Hunde trat an die Stelle der sauern Reaction nach 48 Stunden eine neutrale und weiterhin selbst eine alkalische. Die Auflösung der Eiweisskörper erfolgte zwar langsamer, war aber doch nicht aufgehoben. *Bidder* und *Schmidt* bemerkten, dass bei manchen Hunden die Speisen und das Getränk im gelähmten Oesophagus stecken blieben und bald darauf ausgebrochen wurden, ohne dass sie in den Magen gelangt waren. Deshalb ist es nicht auffallend, wenn die ausgebrochnen Stoffe nicht sauer reagirten. Sie geben ferner an, dass die verhinderte Aufnahme von Futter und besonders von Getränk Schuld daran sein könne, wenn die Absonderung des Magensaftes mehr oder weniger unterdrückt ist, und sie beobachteten auch wirklich eine Zunahme der Absonderung, wenn Wasser in den Magen gespritzt wurde. Die Analyse ergab eine Abnahme des Säuregehalts, sonst aber keine wesentliche Aenderung der Zusammensetzung.

Soviel ergiebt sich mit Sicherheit, dass nach Durchschneidung beider Vagi immer noch ein saurer Magensaft abgesondert werden kann. Es ist aber nicht ausgemacht, in wie fern dadurch die Menge des Magensaftes und dessen Acidität direct abnimmt.

Dies führt nun aber zu dem Schlusse, dass die Absonderung

des Magensaftes zum Theil wenigstens unter dem Einflusse des Sympathicus steht, welcher den Magen ebenfalls mit Zweigen versieht.

Aus dem Mitgetheilten ist ersichtlich, dass der Einfluss des Nervensystems auf Absonderung des Magensaftes eine feststehende Thatsache ist, dass es aber noch nicht ausgemacht ist, ob der Vagus dabei eine directe Rolle spielt. Nach den Versuchen, welche *Frerichs* an Hunden und Katzen anstellte, hätte man dem Vagus diesen Einfluss zuschreiben dürfen, er fand nämlich die Eiweisskörper immer unverdaut und der Mageninhalt reagirte nicht sauer. Wenn andere Beobachter manchmal eine saure Reaction gefunden hatten, so schrieb dies *Frerichs* der vegetabilischen Nahrung zu, aus welcher die vorhandene Säure entstanden sein konnte. Dies stimmt aber nicht mit den Untersuchungen von *Hübbenet*, von *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 90). Diese fanden den Magensaft selbst sauer, und *Reid* nahm auch keine Veränderung an der Schleimhaut und in der Schleimabsonderung wahr.

Für eine andauernde saure Absonderung sprechen ferner die Versuche *Reid's*, der bei 4 von den 17 Thieren, deren Vagi er durchschnitt, wahrnahm, dass sie länger als 5 Tage am Leben blieben und dass ihre Verdauung mittlerweile sich verbesserte, während 13 das Futter entweder nicht annahmen, oder wieder ausbrachen, oder unverändert im Magen behielten. Dies weist nämlich darauf hin, dass die allgemeine Störung, welche nach der Durchschneidung eintrat, von erheblicherem Einflusse war, als die Aufhebung der Vaguseinwirkung auf den Magen. Wir sind deshalb mit *Volkmann* (*Wagner's* Handwörterb. Bd. 2. S. 88) geneigt, die Verdauungsstörungen nach der Durchschneidung der Vagi, zum Theil wenigstens, nur als indirecte Folge der Operation gelten zu lassen. Darf man dem Versuche *Arnemann's*, der ein Thier nach Durchschneidung der Vagi 165 Tage, und jenem *Sédillot's*, der ein anderes Thier nach Ausschneidung eines Stücks der Vagi $2\frac{1}{2}$ Monate lang am Leben bleiben sah, Vertrauen schenken, so wäre der Beweis gegeben, dass nach Durchschneidung der Vagi auch Eiweisskörper gehörig verdaut werden. Entscheidender sind *Hübbenet's* Versuche, so wie jene von *Bidder* und *Schmidt*, die geronnenes Eiweiss in dünnen Säckchen bei Hunden mit künstlichen Magenfisteln einführten, und nach einigen Stunden eine Gewichtsabnahme fanden, wenn auch keine so grosse wie vor der Durchschneidung der Vagi. *Kölliker* und *H. Müller* (Abhdl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzburg. Bd. 5. S. 220), die bei einem Hunde, welcher die Durchschneidung der Vagi 7 Tage überlebte, eine ungeheure Menge neutralen, leicht alkalischen oder schwach sauern Schleims aus der Magenfistel erhielten, sahen ebenfalls Fleischstückchen, die sie in Säckchen einbrachten, verdaut werden.

Mehrere Versuche Englischer und Französischer Physiologen sprechen dafür, dass die unterdrückte Verdauung durch Reizung der Vagi befördert wird. Wenn auch *Joh. Müller* (*Dickhoff, de actione quam nervus vagus in digestione ciborum exerceat. Berol.* 1835) dies nicht bestätigen konnte, so lässt es sich doch ganz unabhängig von dem Einflusse auf die Magensaftsecretion recht gut erklären. *Ludwig* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 5. S. 96) hat nämlich dargethan, dass der unterste Theil des Oesophagus seine Bewegungsäste aus dem Vagus zieht, und *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 91) sahen, dass nach Durchschneidung der Vagi hier eine Lähmung entsteht, wodurch der Uebergang der Speisen in den Magen behindert wird: eine Reizung des Vagus wird demnach diesen Uebergang befördern und die Magenverdauung möglich machen können.

Wir glauben indessen, dass weder die Lähmung des Oesophagus, noch das Eingreifen in wichtige Lebensverrichtungen die Verdauungsstörung, welche nach Durchschneidung der Vagi auftritt, vollständig erklären könne. Für einen directen Einfluss der Vagi auf die Magensaftsecretion sprechen zuvörderst die Versuche von *Longet* (*Traité de Phys. T. 2. p.* 327). Derselbe öffnete den Magen von Hunden, bei denen er Tags vorher die Vagi durchschnitten hatte, und konnte leicht wahrnehmen, dass bei Reizungen der Schleimhaut eine ge-

wisse Menge Magensaft austrat, jedoch nicht soviel, als wenn die Vagi nicht durchschnitten worden waren. Die Flüssigkeit reagirte sauer. Er schreibt dies dem Umstande zu, dass mit den Vagis nicht alle Magennerven durchschnitten worden waren und dass die nichtdurchschnittenen, welche von den *Splanchnici* und vom *Ganglion solare* stammen, zu einer wenn auch geringeren Absonderung des Magensaftes anhaltend beitragen. Eine zweite Thatsache, welche für den directen Einfluss der Vagi auf die Magenverdauung von grosser Bedeutung ist, hat *Bernard* (*Comptes rendus*. 20. *Mai* 1844) mitgetheilt. Als er einem Hunde, dem die Vagi durchschnitten worden waren, eine Mandelemulsion beibrachte und eine halbe Stunde darauf ein Gramm Amygdalin, so starb das Thier bald darauf unter den Erscheinungen einer Blausäurevergiftung. *Hübbenet* bemerkte bei einem derartigen Versuche einen Blausäuregeruch aus der künstlichen Magenfistel eines Hundes. Hieraus schliesst *Bernard*, dass nach Durchschneidung der Vagi die Verdauung eine Störung erleidet.

Ueber diesen Gegenstand, namentlich auch über die betreffende Literatur s. *Reid* (*Edinb. med. and. surg. Journ. April* 1839 und *Phys., anat. and pathol. Researches*. 1848. *p.* 240) so wie das genannte Werk von *Longet*.

Drittes Kapitel.

Verdauung durch die Säfte im Dünndarme.

§ 84. Begriff und Eintheilung.

Während die im Magen gelösten Substanzen dort schon zum Theil aufgesaugt werden, tritt ein anderer Theil, namentlich die Fette, mit den nichtgelösten Bestandtheilen in den Dünndarm über. Durch Einwirkung verschiedener Flüssigkeiten wird der grösste Theil dieser Substanzen im Darme zur Auflösung gebracht oder wenigstens zur Aufsaugung vorbereitet. Die einwirkenden Säfte werden zum kleinern Theile von den Drüschen der Darmschleimhaut abgesondert; dazu kommen aber noch zwei wichtige Flüssigkeiten, die Galle nämlich und der pankreatische Saft. Die Galle, von der Leber stammend, wird durch den Gallengang, das Product des Pankreas aber durch den Wirsung'schen Gang in den Zwölffingerdarm ergossen, so dass sich also diese Flüssigkeiten den aus dem Magen kommenden Substanzen sogleich beimischen. Galle, die in den Magen gelangt, bewirkt dort eine Verdauungstörung.

Diese Flüssigkeiten haben wir nun nach ihrem Ursprunge sowohl als nach ihrem Einflusse auf die Verdauung einzeln zu betrachten, alsdann aber ihre gemeinschaftliche Wirkung zu erforschen. Wir handeln deshalb nach einander: 1) vom Darmkanale und vom Darmsafte; 2) von der Leber und der Galle; 3) von der Bauchspeicheldrüse und dem pankreatischen Safte.

§ 85. Die Darmschleimhaut im Allgemeinen.

Von dem serösen Ueberzuge und von der Muskelhaut des Darmes war schon früher die Rede; wir haben deshalb jetzt nur von der Schleimhaut und von deren Drüschen zu handeln. In manchen Beziehungen stimmt diese Schleimhaut mit jener des Magens überein. Sie ist aber im Allgemeinen dünner, und im Dünndarme unterscheidet sie sich ausserdem durch zahlreiche kleine Zotten oder Villi (Fig. 69. *a a' a''*), welche der Oberfläche der Schleimhaut hier ein sammtartiges Aussehn verschaffen. Gleichwie im Magen wird ihre Dicke durch die Länge der blinddarmförmigen *Glandulae Lieberkühnianae* (*b*) bestimmt, die über das ganze Darmrohr verbreitet sind und fast unmittelbar aneinander stossen. Nur im Zwölffingerdarme kommen zusammengesetztere traubenförmige Drüschen vor, die sogenannten *Glandulae Brunnerianae*. — Früher wurden auch noch die geschlossnen Bläschen, welche hier und da in dem Unterschleimhautgewebe zerstreut vorkommen, und in den Peyerschen Drüsen des Ileum zu länglichen Gruppen vereinigt sind, als Drüsen beschrieben. Die Bedeutung dieser geschlossnen Bläschen ist noch nicht ganz klar geworden; in keinem Falle jedoch sind sie mit absondernden Drüschen zusammenzustellen. — Zwischen den Lieberkühnschen Drüsen befindet sich übrigens nur eine kleine Menge fast formlosen Bindegewebes mit ellipsoidischen Kernen, welches an der Oberfläche von einer durchaus

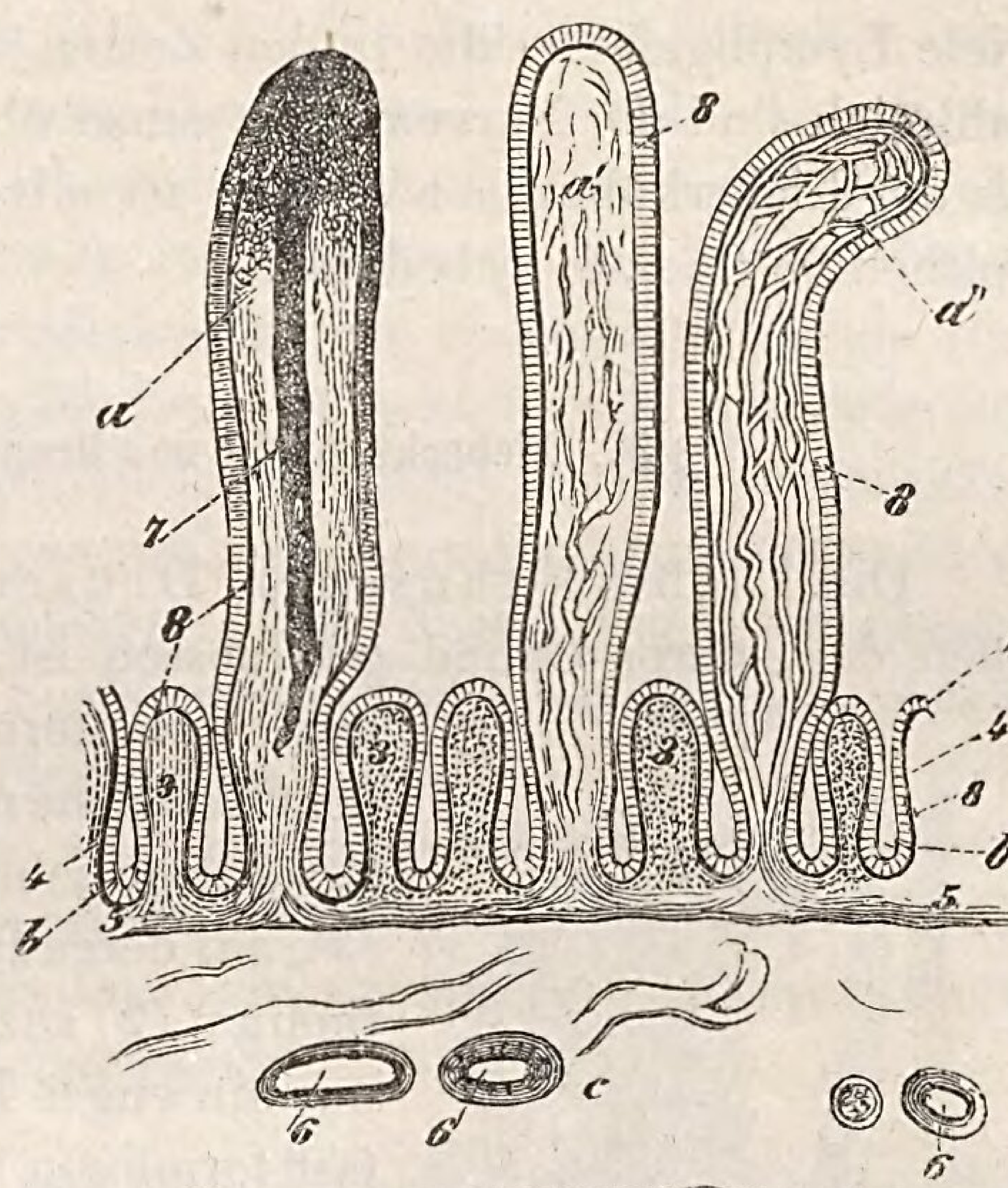


Fig. 69.

Fig. 69. Durchschnitt der Schleimhaut des Dünndarms. *aa'a''* Zotten mit Lymphgefässen und dem Capillarnetze. *bb* Lieberkühnsche Drüsen. *c* Unterschleimhautgewebe. 3 3 3 Formloses Bindegewebe zwischen den Drüsen. 4 4 Structurlose Schicht der Drüsen. 5 5 Muskelschicht der Schleimhaut. 6 6 6 Gefässstämmchen. 7 Lymphgefäss. 8 8 8 8 Cylinderepithelium.

structurlosen nicht zu isolirenden Schicht (*basement membrane*) bedeckt wird, die sich als *Membrana propria* der Drüschen (4) fortsetzt. Ferner liegt unter den Lieberkühnschen Drüsen eine dünne Muskellage (5); dieselbe besteht an vielen Stellen nach aussen aus längslaufenden, nach innen aus kreisförmigen Faserzellen, die sich bis in die Zotten hinein erstrecken. — Die ganze Schleimhaut ist reich an Blutgefässen, deren Stämme (6, 6) im Unterschleimhautgewebe (*c*) liegen; sie bilden innerhalb der Zotten (*a''*) ein zierliches Netzwerk. Die Schleimhaut des Dünndarms besitzt auch viele Lymphgefässe, die in den Zotten (*a* 7) entspringen. Nicht so zahlreich sind die Nerven. Die ganze Oberfläche der Zotten sowohl als der Lieberkühnschen Drüsen ist mit einem einfachen Cylinderepithelium (8, 8, 8, 8) bedeckt.

§ 86. Lieberkühnsche und Brunnersche Drüsen.

Die Lieberkühnschen Drüsen (Fig. 70) stellen Röhrchen dar, deren Grund geschlossen ist; sie haben enge Mündungen, erweitern sich aber bedeutend von der Oberfläche nach dem Grunde zu. Sie besitzen eine sehr dünne *Membrana propria* (3), auf deren Innenfläche ein Cylinderepithelium (2) sitzt, und so bleibt im Innern nur ein enger Kanal (1) übrig mit einem fast formlosen Schleime. Diese Röhrchen stehen fast senkrecht zur Oberfläche der Schleimhaut, nach der freien Fläche zu, wo sie sich rund um die Zotten öffnen, weichen sie aber etwas aus einander. Ihre Länge entspricht der Dicke der Schleimhaut, und beträgt in den dünnen Gedärmen $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ L., in den dicken meistens $\frac{1}{4}$ und nach unten selbst $\frac{1}{3}$ L. Ihre grösste Breite steht im Allgemeinen im Verhältniss zur Länge und nimmt ziemlich regelmässig durch den ganzen Darmkanal zu; sie beträgt im Duodenum $\frac{1}{40}$—$\frac{1}{30}$, im Ileum $\frac{1}{25}$, im Dickdarme und Mastdarme $\frac{1}{20}$—$\frac{1}{15}$ L. Im Duodenum schliessen sie sich unmittel-

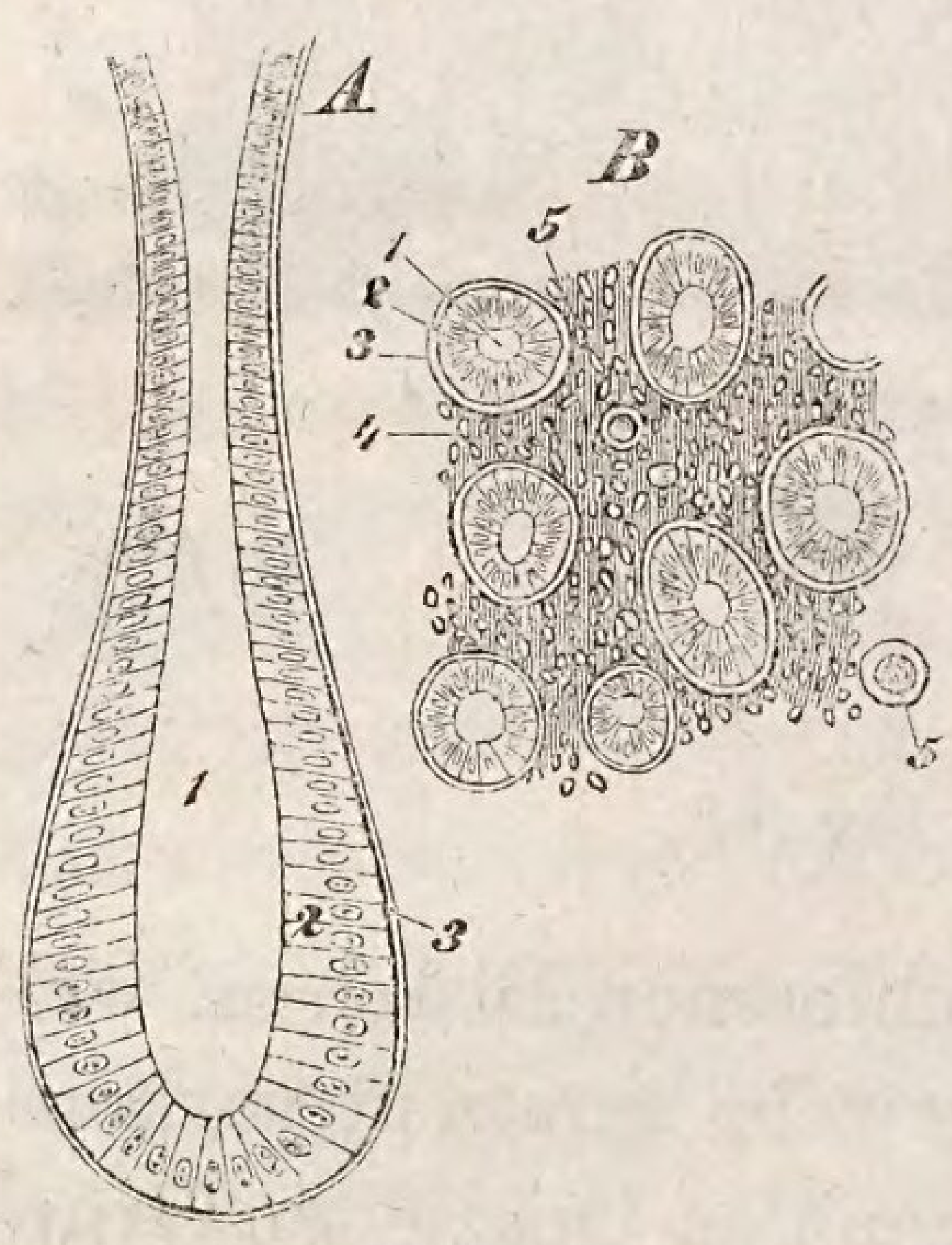


Fig. 70.

Fig. 70. Aus dem Ileum des Menschen, 100malige Vergrösserung. *A* Lieberkühnsche Drüse mit der Höhle (1), dem Cylinderepithelium (2) und der *Membrana propria* (3). *B* Querdurchschnitt mit Essigsäure behandelt. 1 2 3 wie bei *A*. 4 Formloses Bindegewebe mit Kernen. 5. Gefässe.

bar an den Ausführungsgang der Brunnerschen Drüsen an; auf den geschlossnen Drüsen sind sie im Allgemeinen kürzer, ohne indessen ganz zu fehlen.

Die Brunnerschen Drüsen gehören zu den traubenförmigen, und finden sich im Duodenum in der Schleimhaut, zumal in dem Unterschleimhautgewebe. Zunächst dem Magen bilden sie eine ziemlich dicke zusammenhängende Schicht. Unterhalb des Hügels, wo der *Ductus choledochus* und *pancreaticus* sich öffnen, werden sie kleiner und seltener, und im untersten horizontalen Theile des Duodenum hören sie zuletzt ganz auf. Die einzelnen Drüschen messen meistens $\frac{1}{10}$—$\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ L., manchmal selbst 1 bis $1\frac{1}{2}$ L. Ihre Hülle ist fast structurlos, aber mit Kernen versehen. Gleich den traubenförmigen Drüschen der Mundhöhle bestehn sie aus kleinen Läppchen, deren Ausführungskanälchen sich zu einem Hauptkanale vereinigen, der mit Cylinderepithelium bedeckt ist und sich zwischen den *Plicae villosae* der Schleimhaut öffnet. In den Drüsenbläschen haben die Zellen die gewöhnliche Form traubenförmiger Drüsen mit sehr wenig Fettmolekeln. Der Ausführungsgang enthält einen feinkörnigen, zähen Schleim von alkalischer Reaction, worin abgestossne Drüsenzellen vorkommen.

Die Gefässe verhalten sich an den Lieberkühnschen Drüsen ähnlich wie an den Magendrüsen, an den Brunnerschen Drüsen ähnlich wie an andern traubenförmigen Drüsen. Nerven dieser Drüsen sind noch nicht nachgewiesen.

Gleich den Magendrüsen sind auch die Lieberkühnschen Drüsen beim Menschen nicht immer gleich deutlich. Hat man sie am frischen Darmrohre von Thieren (z. B. aus dem Dickdarme des Kaninchens, wo sie sich leicht isoliren lassen) kennen gelernt, dann gelingt es auch im Allgemeinen, sie, zumal an Kinderleichen, gleich gut aufzufinden. Aus getrockneten Stücken, zumal wenn sie gekocht worden waren, kann man vertikale und horizontale Durchschnitte fertigen und dadurch die allerdings zusammengeschrumpfte Gestalt der Drüschen kennen lernen. Selten gewahrt man aber alsdann die regelmässige Bekleidung mit dem Cylinderepithelium.

Die Brunnerschen Drüsen, welche *Brunner* im J. 1686 entdeckte, hat *Middeldorpf* (*Disq. de glandulis Brunnerianis. Vratisl.* 1846) sehr genau beschrieben und von Menschen gleichwie von Thieren (*Cercopithecus cynomolgus*, Hund, Kalb) abgebildet. Nach Entfernung der Muskelhaut erscheinen sie dem blossen Auge ganz deutlich als erhabene Körnchen. *Middeldorpf* benutzte *Purkinje's* Methode: das Darmstück wurde in schwacher Essigsäure gekocht, ausgespannt und getrocknet, worauf dann nach vorgängiger schwacher Befeuchtung dünne Durchschnitte genommen wurden. Legt man die Schleimhaut auf ein weiches Brettchen, so kann man, selbst ohne Doppelmesser, auch von den frischen Drüsen sehr gute Durchschnitte bekommen. Indessen nur selten gelingt es, den Ausführungsgang dabei bis zur Oberfläche der Schleimhaut zu durchschneiden.

§ 87. Darmsaft.

Die von der Schleimhaut des Darmrohrs abgesonderte Flüssigkeit hat man Darmsaft (*Succus entericus*) oder auch Darmschleim genannt. Im Magen haben wir Magensaft und Magenschleim von einander unterschieden. Im Darme wird nur Eine Substanz hervorgebracht, für welche der Name Schleim wohl eher passend ist als die Benennung Saft. Gleich dem Magenschleime wird auch der Darmschleim ohne Unterbrechung secernirt, wenngleich nur in geringer Menge. Der Einfluss des Nervensystems auf diese Secretion ist nicht so wahrnehmbar, wie bei der Secretion des Magensaftes und des Speichels. — Der Darmschleim ist sehr schwer im reinen Zustande zu erhalten. Bei gesunden Thieren, denen während einer kurzen Zeit alle Nahrung entzogen wurde, trifft man nur sehr wenig Flüssigkeit im Darmrohre an. Die Ausführungsgänge der Brunnerschen Drüsen und die Kanälchen der Lieberkühnschen Drüsen enthalten nur einen fast structurlosen alkalischen Schleim. Aus den erstern werden aber auch Drüsenzellen ausgestossen, und in den letztern gehn einzelne Zellen durch Mucinemetamorphose zu Grunde, vorzüglich im Dickdarme. Im Darmschleime selbst, der während des Lebens sehr sparsam vorhanden ist, und erst nach dem Tode durch Imbibition des schleimhaltigen Epitheliums mit Wasser zu einer dicken Schicht sich entwickelt, findet man cylindrische Epithelialzellen und ausserdem sogenannte Schleimkügelchen (ausgestossene Kerne?). Diese beiden Bildungen stammen zum Theil von der Oberfläche der Schleimhaut, und mithin wird der Darmschleim nicht lediglich von den Drüschen geliefert.

Sehr schwierig ist es, Darmschleim allein zu bekommen, weil die übrigen Verdauungsflüssigkeiten sich damit mischen. *Frerichs* unterband eine Darmschlinge, die dann einige Stunden in der Bauchhöhle gelassen wurde und erhielt so einige Flüssigkeit aus den dünnen und dicken Gedärmen, wo sich blos Lieberkühnsche Drüsen befinden, die er für einen ziemlich reinen Darmschleim hielt. Es war ein zäher alkalischer Schleim, der sich schwer filtriren liess; die durchgegangene Flüssigkeit enthielt kein Eiweiss; Alkohol, Gerbsäure und Metallsalze bewirkten aber Niederschläge. Fett soll in verhältnissmässig grosser Menge darin enthalten sein.

Die Untersuchungen der ältern Physiologen über den Darmschleim haben wenig Werth, weil alle übrigen Verdauungsflüssigkeiten, ja selbst Residuen von

Nahrungssubstanzen mit der von ihnen untersuchten Flüssigkeit vermengt sein konnten. Ein anderer Weg wurde von *Frerichs* (a. a. O. S. 850) eingeschlagen. Bei Katzen und Hunden, die einige Zeit gefastet hatten, unterband er 4 bis 8 Zoll lange Darmstücke, nachdem er durch vorsichtiges Streichen die etwa noch vorhandenen Ueberbleibsel von Darminhalt entfernt hatte, und nach 4 bis 6 Stunden eröffnete er die Darmschlingen. Auf diese Weise erhielt er nicht unbeträchtliche Mengen eines nicht gemengten Darmsaftes, worin Kerne, kernhaltige Zellen (die in den dicken Gedärmen grösser waren) und im Safte des Dünndarms auch Cylinderepithelien vorkamen. Im Dickdarme beobachtete er eine reichlichere Absonderung als im Dünndarme. Die zähe Masse liess sich nur schwer im Wasser vertheilen und es löste sich dabei nur wenig auf. Durch Siedhitze wurde das Filtrat kaum getrübt. Essigsäure bewirkte eine starke Trübung (*Mucine*), die durch einen überschüssigen Zusatz nicht wieder verschwand. Alkohol, Gerbsäure, Metallsalze erzeugten einen starken Niederschlag. Der Darmschleim hatte $2\frac{1}{2}$ pCt. feste Bestandtheile, die etwa zu $\frac{1}{8}$ aus unorganischen Substanzen (die gewöhnlichen Salze) bestanden.

Unter der Leitung von *Bidder* und *Schmidt* hat auch *Zander* (*De succo enterico. Mitav.* 1851) sich Darmschleim zu verschaffen gesucht, sowohl nach *Frerichs* Methode als aus künstlichen Darmfisteln. Nach dem Verfahren von *Frerichs* erhielt er aber höchstens einige Tropfen, und am wenigsten aus dem Dickdarme, auch bei einer Darmfistel, wo doch *Frerichs* die reichlichste Absonderung beobachtet hatte. Das Einbringen von mechanisch reizenden Substanzen, von Pfeffer, blieb ohne Erfolg; das Eintreten von Galle veranlasste ebenfalls keine grössere Schleimabsonderung im Darme. Es muss wohl einem gegründeten Zweifel unterliegen, ob die von *Frerichs* erhaltene Flüssigkeit als normaler Darmschleim gelten kann: schon das angewandte Verfahren, die Abbindung von Darmstücken muss solchen Zweifel erregen, der noch dadurch vermehrt wird, dass *Zander* auf diese Weise fast keinen Darmschleim bekam. Etwas mehr bekam letzterer aus einer Dünndarmfistel bei einem Hunde, dem der *Ductus choledochus* und *pancreaticus* unterbunden worden waren. Nur wenn diese Unterbindung nicht statt fand, floss eine zu einer Analyse ausreichende Menge aus, die aber wegen der Gallenbestandtheile und dergleichen nur eine unvollkommene sein konnte. Er überzeugte sich davon, dass in den verschiedenen Abschnitten des Darmrohrs stets eine alkalische Reaction, aber kein Eiweiss angetroffen wird.

§ 88. Wirkung des Darmsaftes.

Der Darmschleim vermag Stärkemehl in Zucker umzuwandeln, jedoch in viel schwächerem Maasse als der Bauchspeichel und die gemengten Mundhöhlenflüssigkeiten. Auch in der Eigenschaft, Fette zu zertheilen, steht er dem pankreatischen Safte bei weitem nach. So war man fast genöthigt, dem Darmschleime wesentlich nur einen mechanischen Nutzen zuzuschreiben. Die neuern Untersuchungen von *Zander* (unter der Leitung von *Bidder* und *Schmidt* angestellt) scheinen aber genügend darzuthun, dass der Darmschleim auch eiweissartige Körper aufzulösen vermag. Wenn derselbe Stückchen Fleisch und coagulirtes Eiweiss in dünnen Säckchen in unterbundene Darmstücke einführte und diese wieder in den Körper zurückbrachte, so bemerkte er nach einigen Stunden eine beträchtliche Abnahme an jenen Substanzen. Die nämliche Wirkung wurde auch

mit einer Flüssigkeit erzielt, welche aus einer Darmfistel ausgeflossen war, obwohl diese Flüssigkeit nicht als reiner Darmschleim angesehen werden konnte. — Es ist diese Wirkung des Darmschleims wohl nicht unwichtig für die Auflösung der Eiweisssubstanzen, die beim Menschen zumal zu einem grossen Theile den Magen in unaufgelöstem Zustande zu verlassen scheinen. Vielleicht beginnt die Wirkung aber erst da, wo statt der sauern Reaction die alkalische auftritt.

Die Umwandlung des Stärkemehls in Zucker mit nachfolgender Bildung von Milchsäure war in dem von *Frerichs* gewonnenen Darmsafte erst in 12 Stunden einigermaassen vorgeschritten (*Frerichs* a. a. O. S. 852). Dass jedoch im Darmkanale selbst, auch wenn die Galle und der pankreatische Saft durch Unterbindung abgehalten werden, diese Umwandlung ziemlich rasch erfolgt, das hat sich aus den Untersuchungen von *Zander* herausgestellt. — Für die Zertheilung des Fetts scheint der Darmschleim weniger in Betracht zu kommen; die Galle und besonders der pankreatische Saft wirken weit kräftiger auf dieselbe ein.

Wenn sich die Untersuchungen von *Zander* bestätigen, dann ist der Darmsaft gewiss von hoher Bedeutung für die Auflösung der Eiweisssubstanzen. Stückchen Fleisch und Eiweiss wurden mit Wasser befeuchtet und in einem Säckchen von Tüll in den Darm eingeführt; dieser aber wurde oberhalb des Säckchens durch eine Ligatur abgeschlossen, die meistens auf einen in den Darm eingeführten Korkstöpsel zu liegen kam. Ein solches Korkstück wurde an 3 verschiedenen Punkten eingeführt: I. am untersten Theile des Zwölffingerdarms, wodurch alle übrigen Verdauungsflüssigkeiten abgehalten wurden; II. unmittelbar unter der Papille des Zwölffingerdarms, so dass nur das Product der Brunnerschen Drüsen mit zufliessen konnte; III. zunächst dem Pylorus, so dass nur der Magensaft abgehalten wurde. Es dienten vornehmlich Katzen zu den Versuchen, aber auch einige Hunde; der Inhalt wurde im Allgemeinen 4 bis 6 Stunden nach dem Einbringen des Säckchens untersucht. In allen Fällen fand sich eine Maceration und Erweichung des Eiweisses und Fleisches, und zugleich hatte auch die Menge der festen Bestandtheile, welche vorher an gleichartigen Stücken bestimmt worden war, erheblich abgenommen. Der Gewichtsverlust war bei der zweiten Einführungsweise des Korkstückes grösser und bei der dritten am grössten. Der auf eine Stunde berechnete mittlere Gewichtsverlust betrug nämlich:

	Eiweiss.	Fleisch.
I. . . .	6,47 pCt.	7,15 pCt.
II. . . .	10,13 ,,	9,89 ,,
III. . . .	14,12 ,,	14,38 ,,

Der Gesammtverlust betrug manchmal 90 pCt. Stets hatten die Thiere wenigstens seit 24 Stunden gefastet, und da im obersten Theile des Zwölffingerdarms eine alkalische Reaction gefunden wurde, so ist es unwahrscheinlich, dass vor dem Versuche Magensaft in den Darm getreten war. Ganz deutlich war die Auflösung weiter vorgeschritten, wenn das Secretum der Brunnerschen Drüsen, und besonders wenn Galle und pankreatischer Saft zufliessen konnten, obwohl die letzteren auf die Eiweisskörper nicht einwirken. Vielleicht wird die Absonderung des Darmsaftes durch diese Flüssigkeiten vermehrt.

Zander's Versuche sind die einzigen, die wir über die Wirkung des Darmsaftes im lebenden Körper besitzen. Die nämlichen Resultate erhielt er mit Darmsafte, den er nach Unterbindung des *Ductus pancreaticus* und *choledochus* aus einer Dünndarmfistel gesammelt hatte, wobei freilich der Magensaft nicht mit gleicher Zuverlässigkeit ausgeschlossen war. Indessen verloren das Fleisch und das Eiweiss dabei etwas weniger an Gewicht. — Es scheint diese auflösende Wirkung nicht ausschliesslich dem Alkali als solchem zugeschrieben werden zu können.

§ 89. Bau der Leber im Allgemeinen.

Die Leber, die grösste Drüse im menschlichen Körper, wird von einer faserigen Membran, der Glissons'chen Kapsel umhüllt, die fast überall vom Bauchfelle bekleidet ist. In vielen Beziehungen unterscheidet sie sich von allen übrigen Absonderungsorganen: unter den physikalischen Eigenschaften ist ihre Farbe und Brüchigkeit charakteristisch; chemisch ist das Leberparenchym durch den grossen Zuckergehalt ausgezeichnet, wovon sich sonst nur Spuren im Körper finden; in anatomischer Beziehung ist es bemerkenswerth, dass sie ausser der *Arteria hepatica* noch einen Venenstamm erhält, der sich hauptsächlich aus den Gefässen des Magens, der Milz und der Gedärme bildet, und dass ihr ganzes Parenchym in einem unmittelbaren Zusammenhange steht, so dass nur im nächsten Umfange der Gefässe Spuren von Bindegewebe vorkommen.

Wenn nun auch das Bindegewebe fehlt, so kann man doch in der Leber kleine Lobuli (auch wohl Acini genannt) unterscheiden, aus denen die ganze Leber zusammengesetzt ist, ohne dass dieselben zu grösseren gesonderten Lappen verbunden werden. Bei einzelnen Thieren, namentlich beim Schweine, sind diese Läppchen sehr deutlich, und man bemerkt sie, zumal an der gekochten Leber, an der Oberfläche sowohl wie auf dem Durchschnitte. Beim Schweine sind die Lobuli wirklich durch Bindegewebe von einander getrennt, und in diesem Bindegewebe verlaufen die kleinsten Aeste der Pfortader (Fig. 71) um die Läppchen herum, bevor sie sich in den Läppchen selbst in ein Haargefässsystem auflösen; nur liegen sie nicht in einer Ebene, wie es in der schematischen Figur dargestellt werden musste. Beim Menschen fehlt das Bindegewebe im Umfange der Leberläppchen, die Leberzellen verschiedener Läppchen liegen hier unmittelbar aneinander und das Capillarsystem des einzelnen Läppchens setzt sich an den meisten Punkten in jenes der angrenzenden Läppchen fort. Somit werden die Läppchen nicht ringsum begrenzt und von einander geschieden. Die von einem grössern Pfortaderaste (*C*)

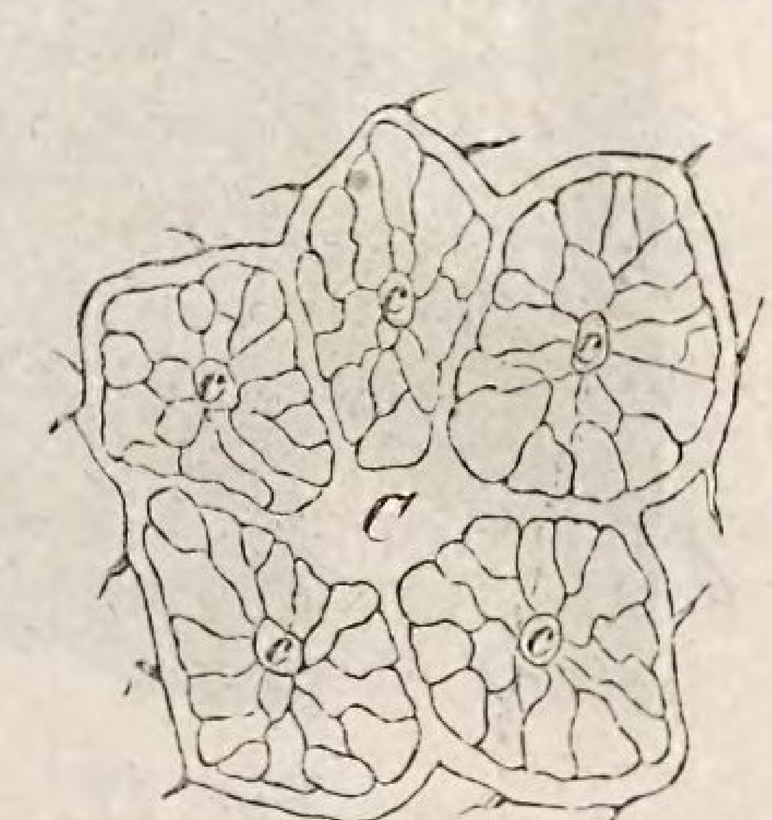


Fig. 71.

Fig. 71. Schematische und vergrösserte Darstellung eines Stückchens Schweinsleber; nach *Kiernan*. *C* Pfortaderast, der mehrfache zwischen die Leberläppchen tretende *Venae interlobulares* abgiebt. *ccccc Venae intralobulares*, Eine für jedes Läppchen.

ausgehenden kleinsten Pfortaderästchen verlaufen hier eben so wie beim Schweine und bestimmen also an verschiedenen Punkten die Begrenzungen jedes Läppchens, welches übrigens mit den anstossenden Läppchen zusammenhängt. Ausserdem verlaufen an den Grenzen der Lobuli auch noch Aestchen der Leberarterie und die kleinsten Gallenkanälchen in Begleitung der Pfortader, wodurch die Sonderung der Läppchen noch weiter vervollständigt wird.

Aus den Endzweigelchen der Pfortader, den sogenannten *Venae interlobulares*, geht ein Capillarnetz ab zu den Läppchen, und aus diesem entsteht in der Mitte des Läppchens ein Aestchen der Lebervene, eine sogenannte *Vena intralobularis s. centralis* (*ccccc*).

In Fig. 71 kommen aus dem Pfortaderaste *C* mehrere *Venae interlobulares*, durch welche 5 Läppchen begrenzt werden. Diese eckigen, im Durchschnitte meistens 4 oder 5eckigen Leberläppchen haben einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$—1 L. und sitzen gleichsam auf jenen Aestchen der Lebervenen, in welche die *Venae centrales* münden. Durchschneidet man ein solches Venenästchen (von *Kiernan* als *Vena sublobaris* bezeichnet), so sieht man, dass die feinen Oeffnungen der *Venae centrales* $\frac{1}{2}$ bis 1 Lin. von einander entfernt sind (Fig. 72), und rund um jede Oeffnung schimmern selbst in grösseren Gefässen die Grenzen des Lobulus hindurch, namentlich beim Schweine. In der Richtung senkrecht zur Axe der *Vena centralis* sind die Läppchen im Allgemeinen am grössten.

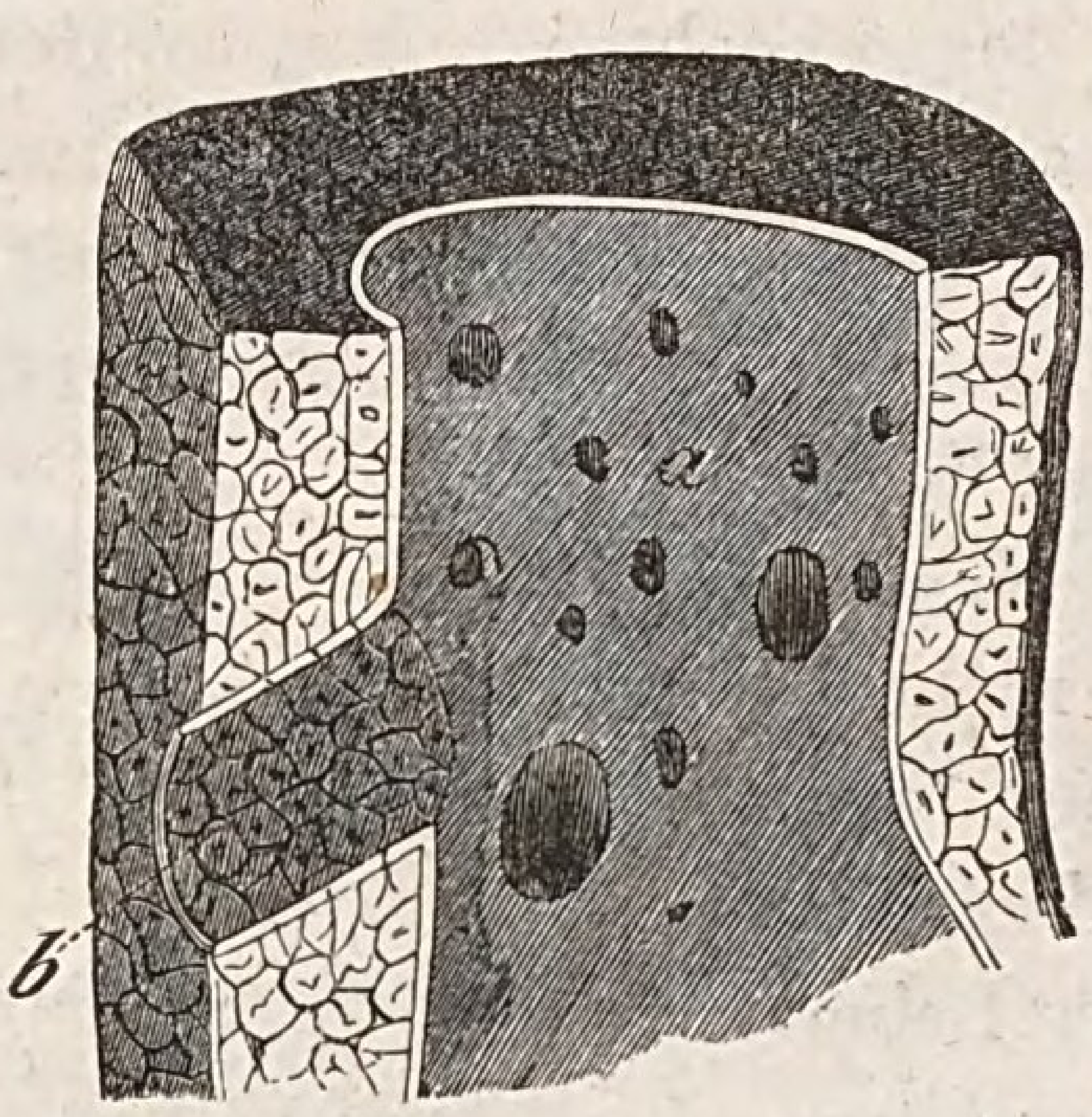


Fig. 72.

Frische ausgewaschene Lebern haben eine gleichmässig braune Farbe. Manchmal indessen ist das Blut mehr in den *Venae centrales* und den angrenzenden Capillaren angehäuft, so dass man dunklere Punkte bemerkt, die $\frac{1}{2}$—1 L. von einander entfernt sind und durch überall zusammenhängende, hellere Streifen von einander getrennt werden. In seltenen Fällen trifft man auch die entgegengesetzte Farbenvertheilung an. Sie rührt von der Blutvertheilung her, oftmals auch von

Fig. 72. Stück einer Schweinsleber mit einer geöffneten Lebervene, etwas vergrössert; nach *Kiernan*. *a* Grosse Vene, in welche noch keine *Intralobulares* einmünden. *b* Ast derselben mit *Venae intralobulares* und durchschimmernden Basen der Leberläppchen.

Gallenimbibition oder von Fettmetamorphose, und man hat kein Recht dazu, zweierlei Substanzen in der Leber anzunehmen.

Wepfer (*De dubiis anatomicis epistola ad J. H. Paulum. Norimb.* 1664) giebt schon an, dass die Schweinsleber aus eckigen Läppchen zusammengesetzt ist. Spätere Untersuchungen, unter denen jene von *Kiernan* (*Anatomy and Physiology of the Liver* in den *Philos. Transact.* 1834) die erste Stelle einnehmen, haben dies bestätigt, und was beim Schweine keinem Zweifel unterliegt, das ist auch für den Menschen und für andere Thiere zulässig gemacht worden. *Weber* (*Müller's* Archiv 1843. S. 303) sprach sich gegen diese Annahme aus, weil alle Capillaren des Lebergewebes zusammenhingen. Die zuführenden Gefässe, sagt er, bringen das Blut in ein sehr enges und dichtes Netz von Haargefässen, das sich ohne Unterbrechung durch die ganze Leber verbreitet; aus den Kanälchen dieses Gefässnetzes aber sammeln die Aestchen der Lebervenen wieder schnell das Blut und führen es aus der Leber fort. Deshalb soll die Leber nach *Weber* nicht aus Läppchen bestehen, sondern aus einer ungetheilten Masse, worin die Gefässe u. s. w. gleichwie in Kanälen verlaufen. Das Verhalten der Pfortaderästchen und der Lebervenen zu einander giebt er jedoch ganz richtig an. *Krukenberg* (*Müller's* Archiv. 1843. S. 318) hat die Läppchen in der Menschenleber noch bestimmter geläugnet; aber *Joh. Müller* (Ebendas. S. 318) sprach sich sogleich wieder für ihr Vorhandensein aus. Spätere Autoren haben die Läppchen zum Theil verworfen, zum Theil angenommen, ohne dass deshalb ihre Ansichten sonst wesentlich aus einander gingen.

Nach der oben gegebenen Beschreibung läuft es hierbei offenbar fast nur auf einen Wortstreit hinaus. Läppchen, wie in den traubenförmigen Drüsen, wo jedes Läppchen durch Bindegewebe von den angrenzenden getrennt ist und seine eigene Arterie und Vene hat, sind in der Leber gewiss nicht vorhanden. Auch hängen die Capillarnetze der angrenzenden Läppchen in der Leber bestimmt mit einander zusammen. Da aber die Läppchen in der Schweinsleber deutlich von einander gesondert sind und eben so auch die mehr zusammengesetzten Läppchen der Eisbärleber, da ferner beim Menschen und bei den meisten Thieren die Centra der Läppchen durch die *Venae intralobulares* scharf hervortreten, und da auch die Gefässvertheilung der Pfortader und der Ursprung der Gallenkanälchen ebenfalls zum Theil die Grenzen der Läppchen angeben, so scheint es uns zweckmässiger zu sein, die Leber aus Läppchen gebildet anzunehmen, wenn wir nur wissen, was wir darunter zu verstehen haben.

Die Veränderungen bei der *Cirrhosis hepatis* sprechen ferner für einen lockeren Zusammenhang, wenigstens an einem Theile der Grenzen mancher Läppchen. Dabei bekommen nämlich einzelne Läppchen oder kleine Gruppen von Läppchen feste Bindegewebskapseln aus einem Exsudate, das sich hauptsächlich um die Lobuli herum anhäufen kann. S. *Hallmann, de cirrhosi hepatis. Berol.* 1839. *Donders* u. *Jansen* in *Nederl. Lancet.* I. 23. *Backer, de structura subtiliori hepatis sani et morbosi. Traj. ad Rh.* 1845.

§ 90. Leberzellen.

Das absondernde Parenchym in den Leberläppchen wird aus Zellen gebildet, den sogenannten Leberzellen. Schabt man über einen Durchschnitt der Leber, so bekommt man die Leberzellen theils isolirt (Fig. 73), theils reihenförmig verbunden (Fig. 74). Es sind eckige, gegen einander abgeplattete Zellen, von 0,006 bis 0,016 Lin. Durchmesser, die wegen der Abplattung in der einen Richtung weit kleiner erscheinen. In der Regel haben sie deutliche,

geschlossne Zellmembranen; sie enthalten einen einfachen oder auch wohl, zumal die grössern, einen doppelten bläschenartigen Kern mit einem einfachen oder auch einem doppelten Kernkörperchen; der übrige Inhalt aber ist feinkörnig, hellgelblich, halb flüssig, und es kommen darin (bei Thieren indess seltener) braune Pigmentkörnchen und Fettkügelchen vor. — In Wasser und besonders in verdünnten Alkalien schwellen die Leberzellen auf, und in letzteren lösen sich die Zellmembranen auch schnell auf, während die Pigmentkörnchen der Auflösung widerstehen. Salpetersäure macht den Inhalt grünlichbraun, Zucker und Schwefelsäure bewirken bei schwacher Erwärmung eine rothe Färbung. Durch Essigsäure erblassen die Leberzellen; beim Kochen coagulirt der Inhalt und die Zellen schrumpfen zusammen.

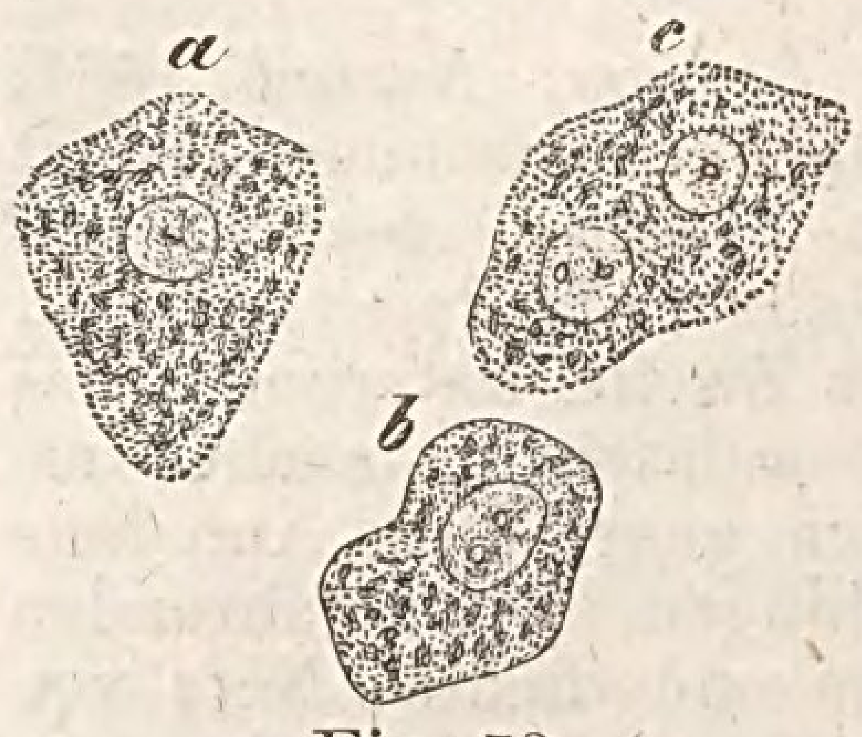


Fig. 73.

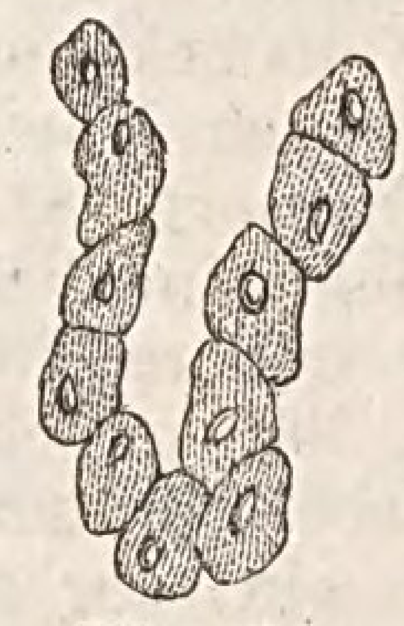


Fig. 74.

Die chemische Analyse hat in der Leber Eiweiss und unlösliche Proteinverbindungen, leimgebende Substanz, Fett, eine wechselnde Menge Zucker und viele Extractivstoffe nachgewiesen. Der Zucker bildet sich in der Leber selbst unter dem Einflusse des Nervensystems aus eiweissartigen Körpern (*Bernard*). Das Eiweiss und ein Theil der übrigen Proteinverbindungen, gleichwie Zucker und Fett, kommen ohne Zweifel in dem Zelleninhalte vor, und ausserdem sind auch noch das Pigment und vielleicht andere Gallenbestandtheile darin enthalten.

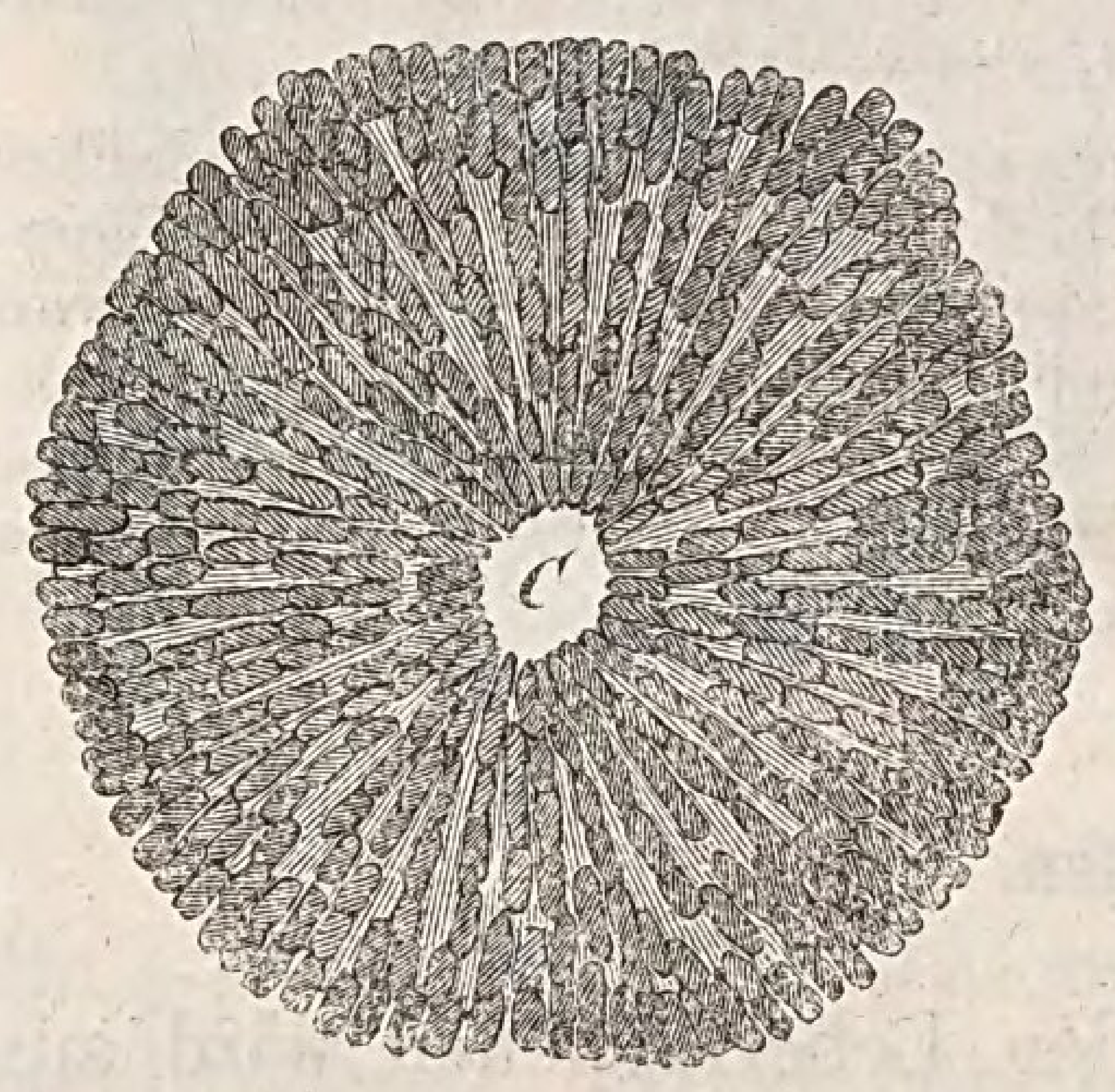


Fig. 75.

Wir gaben schon an, dass die Leberzellen sehr häufig beim Abschaben reihenförmig zusammenhängen (Fig. 74). In der Mitte der Läppchen sieht man diese Reihen strahlenförmig von der *Vena centralis* aus nach der Peripherie sich erstrecken (Fig. 75). Nach der Oberfläche der

Fig. 73. Einzelne Leberzellen; 500malige Vergrösserung. *a* Mit Einem Kerne und Einem Kernkörperchen. *b* Mit Einem Kerne und zwei Kernkörperchen. *c* Mit zwei Kernen.

Fig. 74. Gereihete Leberzellen; nach *Gerlach*.

Fig. 75. Die strahlenförmig gereiheten Zellen eines Leberläppchens; nach *Gerlach*. *C* Das Lumen der *Vena centralis*.

Läppchen hin zeigt sich statt dieser strahligen Reihen allmählig ein netzförmiges Aussehn, da zwischen den strahligen Reihen mehr und mehr quer verbindende Reihen auftreten. Zwischen dem Leberzellennetze bleiben überall feine, communicirende Kanäle übrig mit Haargefässen, welche unmittelbar an die Leberzellen sich anlegen. Mithin füllen die Leberzellenbalken alle Räume aus, welche zwischen dem dichten Capillarnetze übrig bleiben (Fig. 76). Es bestehen diese Leberzellenbalken an manchen Stellen nur aus Einer Reihe, an andern Stellen aber auch aus zwei, drei und noch mehr Reihen von Zellen.

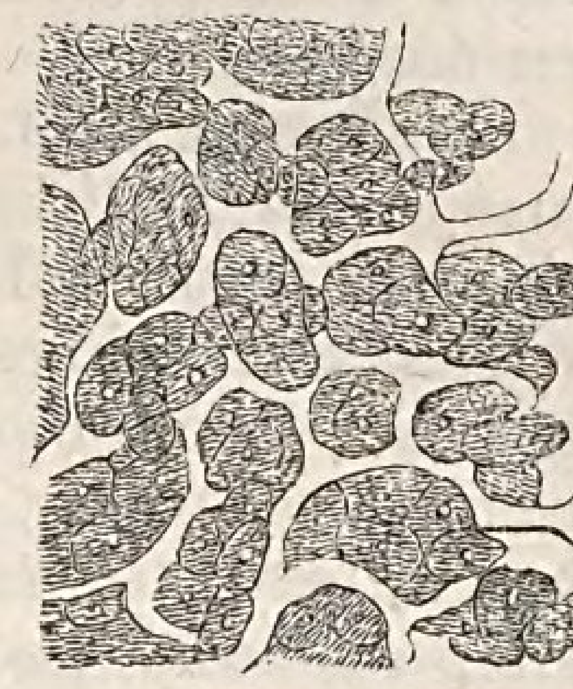


Fig. 76.

Zwischen den Läppchen, in Gemeinschaft mit den *Venae interlobulares* verlaufen die feinsten Gallenkanälchen. Es steht fest, dass wenigstens der grösste Theil der Läppchen aus unmittelbar an einander gereiheten Zellen besteht. Gallenkanäle sieht man höchstens an der Peripherie der Läppchen eindringen, wie sie aber entspringen und wie sie sich zu den Leberzellen verhalten, das ist noch nicht aufgehellt. Nur soviel steht fest, dass zwischen den Läppchen sehr feine Kanälchen verlaufen, die sich injiciren lassen, und dass noch feinere davon abgehende an der Peripherie der Läppchen sich verästeln. Nach *Kölliker* stimmt der Bau der kleinsten Gallenkanälchen mit jenem der Ausführungsgänge anderer Drüsen überein. Die kleinsten Kanälchen, welche *Kölliker* unterschied, hatten $\frac{1}{100}$ L. Durchmesser, einen deutlichen Kanal von $\frac{1}{300}$ L., und sie bestanden aus einer einfachen Schicht eines Pflasterepitheliums, welches wahrscheinlich einer *Membrana propria* aufliegt. Grössere Kanäle besitzen eine deutliche Umhüllungsschicht und ihr Epithelium ist mehr cylinderförmig. Der Zusammenhang mit den Leberzellen ist noch nicht aufgehellt.

Kölliker (Mikrosk. Anat. Bd. 2. Abth. 2. S. 221) hat die verschiedenen Ansichten über den Zusammenhang der Gallenkanälchen mit den durch *Henle* (*Hufeland's* Journ. Mai 1838. S. 8) entdeckten Leberzellen ausführlich aus einander gesetzt und kritisch beleuchtet. Den Forderungen der Analogie, so wie den von verschiedenen Anatomen und Physiologen angeführten Gründen entgegen hat er die Kühnheit gehabt, die Existenz häutiger Kanäle, in denen die an einander gereihten Leberzellen liegen sollten, ganz bestimmt zu verneinen. Zuverlässig ist das Gegentheil sehr schwer zu beweisen. Gelingt es auch, durch die Gallenkanäle Injectionsmasse bis in die Läppchen zu treiben, so bleibt es doch gewöhnlich zweifelhaft, ob nicht die Leberzellen einfach aus einander wichen, oder ob nicht sogar die Injectionsmasse vielleicht in das Gefässsystem

Fig. 76. Capillarräume zwischen Leberzellenreihen und Balken; nach *Gerlach*.

getreten ist. Es bleibt selbst noch zweifelhaft, ob die von *Ecker* (*Icones physiologicae. Taf.* 7. *Fig.* 8) abgebildeten Verästelungen an der Peripherie der Läppchen, wie man sie leicht bei jeder Injection mit einer undurchsichtigen Masse erhält, wirklich bis zum Ende hin als Gallenkanälchen betrachtet werden dürfen.

Indessen fehlt noch viel daran, dass man allgemein mit dem bestimmten Ausspruche *Kölliker's* sich befriedigt fühlte. *Schröder van der Kolk* beharrt auf seiner in *Backer's* Dissertation ausgesprochenen Annahme, dass die Leberzellen in Kanälchen eingeschlossen sind, gleichwie die Zellen in andern Drüsen, und dass die Wandungen der feinsten Gallenkanälchen schliesslich mit den Capillaren verwachsen sind. Auch *E. H. Weber*, der sich hauptsächlich auf die Präparate von *Retzius* stützte, und später sogar auffallender Weise die Leberzellen als zufällige Bruchstücke der kleinsten Gallenkanälchen glaubte ansehen zu müssen (*Müller's* Archiv 1851. S. 567), wird wohl kaum seine Meinung aufgegeben haben. *Donders* ferner konnte sich an den mit durchscheinenden Substanzen injicirten Präparaten von *Schröder van der Kolk* zwar nicht vollkommen überzeugen, doch neigte er immer mehr zu dessen Ansicht hin, je mehr sich ihm die Gelegenheit darbot, feine Durchschnitte von recht harten menschlichen Lebern zu untersuchen. Mehrmals gewann er die Ansicht, besonders am Rande der Präparate, als ob an einer Zellenreihe von einer Zelle zur andern ein Häutchen sich erstreckte, das er weder als Capillargefässwandung noch als Zellwandung ansprechen konnte, und die nicht gerade längliche Gestalt, welche man an manchen Leberzellen im isolirten Zustande wahrnimmt, machte ihm auch den Eindruck, es könne diese Form dadarch mit bestimmt worden sein, dass sie in einer Art Scheide oder Futteral eingeschlossen waren. Vor Kurzem sah nun *Donders* auch noch die mit grosser Sorgfalt (Austreibung des Bluts durch Wasserinjection und vorsichtiges Ausdrücken der mit durchgetretenem Wasser verdünnten Galle) angefertigten Präparate *Beale's*, des Nachfolgers von *Bowman* am *King's College* in London, und was er hier sah, schien ihm keine andere Deutung zuzulassen, als dass Röhrchen vorhanden sind, von denen die Zellen umschlossen werden. Um einzelne Reihen von Leberzellen ist der durchscheinende Farbstoff scharf begrenzt eingedrungen und scheint die Zellen einer solchen Reihe selbst zu färben; die Leberzellen und der Farbstoff zusammen haben aber das Aussehn kleiner Cylinder.

Die Existenz von Röhrchen hat auch *Theile* (*Wagner's* Handw. Bd. 3. S. 360) hypothetisch angenommen und bereits nachgewiesen, dass der Injection der feinsten Gallenkanälchen besondere Schwierigkeiten entgegenstehn müssen.

Leberanalysen haben wir besonders durch *von Bibra* (Chem. Fragmente über die Leber und Galle. 1849) erhalten. Bei einem plötzlich verstorbenen Manne fand er in der Lebersubstanz:

In Wasser unlösliche Proteinverbindungen	9,44
Eiweiss	2,40
Leimgebende Substanz	3,37
Extractivstoffe	6,07
Fett	2,50
Wasser	77,17

Von 100 Theilen Leber erhielt er etwa 4 pCt. Asche, und darin vorwaltend phosphorsaure Alkalien, Chlornatron, phosphorsauren Kalk, nebst Spuren von Kieselsäure und von Eisen. Diese Analyse bezieht sich aber nicht lediglich auf die Leberzellen, denn Blut, Galle, Bindegewebe, Gefässe und Nerven konnten nicht wohl entfernt werden. — Das Fett ist manchmal in weit grösserer Menge vorhanden, zumal in Menschenlebern, und unter besondern Umständen auch in Thierlebern, in denen man es künstlich zur Ablagerung bringen kann, wenngleich nicht das ganze Thier vorher fett geworden ist. Es ist diese Fettanhäufung folglich als ein pathologischer Zustand anzusehen, in physiologischer Beziehung hat sie aber dessen ungeachtet ein grosses Interesse. — Der Farbstoff der Leberzellen besitzt nicht die Eigenschaften des Gallenfarbstoffs: die auf einander folgenden Farbenveränderungen, welche durch Zusatz von Salpetersäure im letztern auftreten, werden beim Farbstoffe der Leberzellen nicht wahrge-

nommen. — Zucker, zuerst von *Bernard* in der Leber nachgewiesen, kommt in *von Bibra's* Analyse nicht vor; wahrscheinlich steckt er hier in den Extractivstoffen. Den Zuckergehalt fand *van der Broek* (*Nederl. Lancet.* VI. 93) in der Kaninchenleber = 4,49 — 4,98 pCt., in der Hundeleber = 2,6 pCt. der festen Bestandtheile. In den Leichen von Menschen, die an einer Krankheit starben, findet man selten mehr denn Spuren von Zucker. Bei hingerichteten Missethätern jedoch erhielt *Bernard* 1,1 — 2,14 pCt. der frischen Leber.

Seine Untersuchungen über die Zuckerproduction in der Leber hat *Bernard* (*Nouvelle fonction du foie considéré comme organe producteur de matière sucrée chez l'homme et les animaux. Paris* 1853. Deutsch von *V. Schwarzenbach.* Würzb. 1854) vor Kurzem ausführlich mitgetheilt. Er fand Leberzucker bei allen Wirbelthieren, und zwar am wenigsten bei Fischen; ferner bei *Limax flava*, wo der Zucker mit der Galle in den Magen tritt, und auch noch bei andern Wirbellosen. Bei fastenden Thieren verschwindet der Zucker allmählig aus der Leber, und während der Verdauung nimmt seine Menge zu, wenn die Thiere auch blosse animalische Kost bekommen. Durch Zufügung stärkemehlhaltiger Substanzen wird sogar der Zuckergehalt der Leber nicht oder doch nicht viel vermehrt, so dass *Bernard* die Zuckerproduction aus Eiweissstoffen in der Leber für bewiesen erachtet, trotz dem, dass der Zucker während der Verdauung so bedeutend in der Leber zunimmt und selbst ein Maximum von 4 pCt. erreicht. Die Versuche von *Lehmann* und *von Becker* (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 5. S. 123) haben zu den nämlichen Resultaten geführt; indessen hat sich ihnen doch, gleichwie *Handfield Jones* und *Noad* (*Philos. Transact.* 1853. I.) eine Zunahme des Zuckergehalts der Leber bei stärkemehlreicher Nahrung herausgestellt.

Die Zuckerbildung der Leber steht nach *Bernard* unter dem Einflusse des Nervensystems. Nach der Durchschneidung beider Vagi verschwindet der Zucker bald in der Leber. Es wirken aber die Vagi nicht unmittelbar auf die Leber ein, sondern nur mittelbar dadurch, dass sie eine bestimmte Partie der *Medulla oblongata* reizen, von wo sich der Reiz durch die Rückenmarksnerven in der Bahn des Sympathicus zur Leber fortpflanzt. Der normale Reiz für den Vagus soll die Luft in den Lungen sein; durch Reflexion werde die normale Zuckerbildung der Leber angeregt. (*Bernard, Leçons de Phys. expériment. Paris* 1855.)

Der in der Leber gebildete Zucker geht fortwährend ins Blut über und wird darin verbraucht. Es erhellt dies daraus, dass nach *Bernard* im Pfortaderblute kein Zucker vorkommt, dass derselbe dagegen im Blute der Lebervenen in ziemlicher Menge gefunden wird. Dies wurde durch *Lehmann* (Berichte d. K. Gesellsch. in Leipzig. 1850. S. 131) für's Pferd, und weiterhin durch *Lehmann* und *von Becker* (Zeitschr. f. w. Zoologie. Bd. 5) für den Hund bestätigt; nur fehlte der Zucker nicht gänzlich im Blute der Pfortader.

Die Einwürfe, welche *Longet* und *Figuier* gegen die Zuckerbildung in der Leber vorgebracht haben, sind von *Bernard*, namentlich in dessen neuestem Werke (*Leçons etc.*) vollständig, wie es scheint, entkräftet worden. Vgl. auch *Lehmann's* Mittheilungen über die Streitfrage, die Zuckerbildung in der Leber betreffend, in *Schmidt's* Jahrbüchern. 1855. Nr. 9. S. 281.

§ 91. Gefässe und Nerven der Leber.

Alle Lebergefässe haben sehr dünne Wandungen, und dies gilt selbst von den Wandungen der *Vena cava inferior*, da wo diese vom Leberparenchyme grösstentheils umgeben und gestützt wird. In den klappenlosen Venen findet man viele Faserzellen und nur wenige elastische Fasern. Die Aeste der Pfortader verlaufen gemeinschaftlich mit jenen der Leberarterie und mit den Gallenkanä-

len. Von der Glisson'schen Kapsel setzt sich eine gemeinschaftliche Scheide rund um diese Gefässe in die Leber fort, so dass sie von Bindegewebe umgeben werden, welches nach den kleinen Aesten hin abnimmt. Um die Aeste der Lebervenen herum findet man noch weniger Bindegewebe; selbst die grösseren Aeste legen sich mit ihrer festen Substanz fast unmittelbar an das Leberparenchym an, so dass sie beim Durchschneiden nicht zusammenfallen.

Die Pfortader verästelt sich meistens dichotomisch; doch gehen schon aus den grösseren Stämmen einzelne kleinere Aestchen ab. Endlich entstehen aus der Pfortader die bereits beschriebenen *Venae interlobulares* (um jeden Lobulus liegen 3, 4, 5 und mehr von $\frac{1}{120}$ bis $\frac{1}{60}$ L. Durchmesser), aus denen kleine Aestchen (*Rami lobulares*) in alle angrenzenden Läppchen dringen, um sehr rasch das feine Capillarnetz zu bilden, welches in eine *Vena centralis* mündet (Fig. 71).

Die grossen Aeste der Lebervenen erkennt man sogleich daran, dass sie unmittelbar mit dem Leberparenchym zusammenhängen, und dass sie von den einmündenden Gefässen zahlreiche kleine Oeffnungen besitzen, die sich auch bereits in den grössern Aesten vorfinden (Fig. 72). Sie entstehen aus den *Venae intralobulares s. centrales* von 0,012 bis 0,03 L. Durchmesser, und zwar führt jedes Läppchen nur eine einzige *Vena centralis*, die aus zwei bis drei Aestchen sich bildet, aber auch noch von allen Seiten her Capillaren aufnimmt. Die *Rami centrales* öffnen sich in die *Venae sublobares*, deren Durchmesser von $\frac{1}{30}$ — 1 L. variirt, und die meistens zu grossen Venenstämmen treten.

Zusammengesetzter ist der Verlauf der Arterien. Die Aeste, in welche sie sich theilen, zerfallen in *Rami vasculares, capsulares* und *lobulares*. Die *Rami vasculares* verbreiten sich an den Wandungen der Pfortader und der Arterie selbst, in den umhüllenden Scheiden der Glisson'schen Kapsel und an den Gallenkanälchen; an den letztern zumal breitet sich ein sehr dichtes Capillarnetz aus. Einzelne Aestchen dringen auch zwischen den Läppchen zu den Lebervenen, wo sie ein ähnliches Netz bilden, als auf der Glisson'schen Kapsel. — Die Glisson'sche Kapsel erhält bereits einige Aestchen (*Rami capsulares*) von der Leberarterie, bevor noch diese in die Leber eindringt, und ausserdem kommen auch noch viele kleine Arterienästchen zwischen den Läppchen an der Oberfläche der Leber zum Vorschein, wo sie sich unter der Form eines Haargefässnetzes mit weiten Maschen in der genannten Kapsel

verbreiten. Die Venenästchen aus dem Capillarnetze der beschriebenen *Rami vasculares* und *capsulares* gehen nicht unmittelbar zu Aesten der Lebervenen, sondern sie ergiessen sich in kleine Pfortaderästchen, so dass sie als innere Wurzeln der Pfortader angesehen werden können. — Was endlich die *Rami lobulares* anbelangt, die höchstens $\frac{1}{130}$ L. Durchmesser haben, so verlaufen sie gemeinschaftlich mit den Pfortaderästen bis an deren Ende und bilden hier *Arteriae interlobulares*. Aus diesen dringt ein Capillarnetz in die Läppchen, das zuerst noch selbstständig zu sein scheint, bald aber mit den Capillaren der *Venae interlobulares* verschmilzt, so dass gemengtes Blut zu den *Venae centrales* tritt.

Die zahlreichen Lymphgefässe der Leber zerfallen in oberflächliche und tiefe. Die erstern gehören der Kapsel der Leber an, die letztern begleiten die Gefässe und liegen in den Scheiden der Glisson'schen Kapsel. Beide Abschnitte des Lymphgefässsystems stehen vielfach mit einander in Verbindung. Durch Injection der Gallenkanäle füllen sich nicht selten die Lymphgefässe, was wohl nicht ohne Zerreissung von Gallenkanälen geschehen kann.

Die Nerven der Leber stammen vom Sympathicus und zum kleineren Theile auch vom Vagus. Sie bilden Plexus um die Pfortader und besonders um die Leberarterie und verbreiten sich mit allen Verästelungen dieser Gefässe in der ganzen Leber. Sie kommen noch zwischen den Lobuli vor, scheinen aber nicht in diese selbst einzudringen.

Auf Leberdurchschnitten erkennt man die Gallenkanälchen sehr leicht an ihrem gelben Inhalte. Sie begleiten, wie erwähnt, die Verästelungen der Pfortader und der Leberarterie. Die feinsten interlobulären Gallenkanälchen vereinigen sich zu grössern Aestchen, zwischen denen keine oder sehr seltene Anastomosen vorkommen. Die Gallenkanäle sind im Verhältniss zur Grösse der Leber sehr eng, sie besitzen dicke Wandungen aus festem Bindegewebe mit dünnen elastischen Fasern und tragen auf der freien Fläche ein Cylinderepithelium. Der *Ductus hepaticus, cysticus* und *choledochus* besitzen noch eine besondere Schleimhaut, und in ihrer Faserhaut kommen auch Faserzellen vor. Die Gallenblase hat einen serösen Ueberzug, eine dünne Muskellage aus Faserzellen, eine mit einem reichen Capillarnetze versehene Schleimhaut, und gleich den Gallenkanälen trägt sie ein Cylinderepithelium. Die Schleimhaut hat kleine traubenförmige Drüschen, denen in den feinern Gallenkanälchen einfache Grübchen entsprechen, welche

bereits *Kiernan* bekannt waren. In der Gallenblase sind sie sehr sparsam.

Sonderbarer Weise kommen noch an mehreren Stellen (*Lig. triangulare sinistrum*, häutige Brücken über der *Vena umbilicalis*, der *Vena cava* und der *Fossa transversa*) Gallenkanälchen vor, mit denen ein absonderndes Parenchym nicht in Verbindung steht. Die Kanäle in der *Fossa transversa* wurden von *Theile* als Drüsen beschrieben; es sind aber wahrscheinlich blind endigende Geflechte von Gallenkanälen, die mit den Hauptstämmen in Verbindung stehen. *Weber* hat sie als *Vasa aberrantia* bezeichnet. Die schönsten Injectionen derselben sah *Donders* bei *Beale*.

Die Vertheilung der kleinsten Blutgefässe innerhalb der Leber ist vielfältig untersucht worden. Die erste in vielen Beziehungen sehr genaue Beschreibung, hauptsächlich nach Injectionen der Schweinsleber entworfen, lieferte *Kiernan* (*Philos. Transact.* 1834). Weiterhin trugen besonders *Theile* (*Wagner's* Handw. Art. Leber), *Backer* in der gehaltvollen unter *Schröder van der Kolk's* und *Harting's* Leitung geschriebenen Dissertation, *Weber* (a. a. O.) und *Gerlach* (Handb. d. Gewebelehre) zur bessern Kenntniss bei. *Kölliker*, der selbst viele Injectionen untersuchte, hat sorgfältig das Literarische gesammelt und eine gründliche Beschreibung geliefert. — Die Muskulatur der Lebervenen und des Lebertheils der Hohlvene fand *Remak* (*Müller's* Arch. 1855. S. 79) sehr stark entwickelt. *Bernard* (*Leçons de Phys. expériment.* 1855. *p.* 177) fand namentlich bei Pferden eine sehr starke Entwickelung der Längsmuskelfasern, und er denkt sich, dass sie die Lebervenen verkürzen und dadurch das Blut aus der Leber drücken. Die günstige Lage der unter hohem Drucke stehenden Leber im Verhältniss zur Saugkraft des Herzens, so wie ferner der Umstand, dass die innig mit dem Leberparenchyme verschmolzenen Lebervenen nicht zusammenfallen können, sind aber schon gewichtige Momente für die Abführung des Bluts. — Nach *Bernard* giebt besonders der *Phrenicus dexter* Bewegungsäste an die contractilen Elemente der Leber.

§ 92. Galle.

Der Leber ist eine doppelte Function zugetheilt, die Zuckerbildung und die Gallenabsonderung. Der Zucker tritt aus der Leber unmittelbar ins Blut und zu einem kleineren Theile auch in die Lymphe über (§ 90); die Galle ergiesst sich ins Darmrohr und trägt dort zur Verdauung bei. Von der Zusammensetzung der letztern muss also hier die Rede sein. Von den Eigenschaften, der Mischung, dem Ursprunge der verschiedenen Bestandtheile und von deren Bedeutung für den gesammten Stoffwechsel, desgleichen von der Bedeutung der Zuckerproduction wird dagegen in der Allg. Phys. gehandelt.

Die Galle, wie sie unmittelbar aus Gallenfisteln abfliesst, ist eine schleimige und durchscheinende, bei Fleischfressern bräunliche, bei Pflanzenfressern grüne Flüssigkeit von bitterem Ge-

schmacke und einem moschusartigen Geruche. Das specifische Gewicht und der Gehalt an festen Bestandtheilen sind sehr veränderlich; im Mitel beträgt jenes 1,02.

Sie wird im neutralen Zustande secernirt, aus der Gallenblase erhält man sie jedoch wegen des beigemischten Schleims leicht alkalisch. So lange sie mit Schleim gemischt ist, der ihr eine zähe Consistenz ertheilt, geht sie leicht in Zersetzung über.

Abgerechnet einzelne Epithelialzellen aus der Gallenblase und den Gallenkanälen enthält die Galle im normalen Zustande keine morphologischen Elemente. Nicht selten trifft man aber, zumal in der Menschengalle, Fettkügelchen, goldgelbe Körnerhäufchen (eine Verbindung von Cholepyrrhin und Kalk), seltener Krystalle von Cholesterine darin an. Einmal fand *Virchow* auch lange sehr feine Nadeln von gelbrother Farbe, vielleicht das Bilifulvin von *Berzelius*.

Aus normaler Menschengalle erhielt *Frerichs* 14 pCt. feste Bestandtheile; Rindsgalle liefert 10—13 pCt. Die festen Bestandstandtheile geben ungefähr 87 pCt. organische und 13 pCt. anorganische Substanzen. Unter den organischen Bestandtheilen nehmen Cholsäure oder Glykocholsäure ($C^{52} H^{43} NO^{12}$, nach *Strecker* = $C^{48} H^{40} O^{10} + C^4 H^5 NO^4 - 2 HO$) und Choleinsäure oder Taurocholsäure ($C^{52} H^{45} O^{14} NS^2$, nach *Strecker* = $C^{48} H^{40} O^{10} + C^4 H^7 O^6 NS^2 - 2 HO$) die erste Stelle ein; auf sie kommen wenigstens 75 pCt. der festen Gallenbestandtheile. Ein zweiter Hauptbestandtheil ist der Farbstoff der Galle, welcher in der Allg. Phys. näher beschrieben wird; er ist eben so wenig in einem festen quantitativen Verhältniss vorhanden, als die Cholesterine oder die freien Fette, das Elain und Margarin, welche niemals in der Galle fehlen. In der Rindsgalle fand *Lehmann* 0,134 pCt. Schleim, in der Menschengalle 0,158 pCt. Nach manchen Angaben sollen fettsaure Alkalien in der Galle vorkommen; dem wird aber aufs Bestimmteste von *Strecker* widersprochen. Spuren von Zucker fanden wir wiederholt in der Galle des Menschen: *Bernard* bemerkt aber, dass dieser nach dem Tode aus dem Leberparenchyme durch Imbibition eingedrungen sein kann, gleichwie auch umgekehrt der Gallenfarbstoff die Umgebung der Gallenblase färbt. — Die anorganischen Bestandtheile der Galle sind Chlornatron, phosphors. und kohlens. Natron, phosphors. Kalk, phosphors. Magnesia, so wie Spuren von Eisen und Mangan. Andere in den Körper eingeführte Metalle (beson-

ders häufig Kupfer) gehen auch vorzugsweise in die Galle über. — In der Asche kommen viel schwefelsaure Salze vor, die aus dem Schwefel des Taurins entstanden sind, obwohl sich ein Theil davon beim Verbrennen verflüchtigt. Wenigstens findet man in der frischen Galle nur Spuren von Sulphaten.

Die ursprüngliche gelbe Farbe der Galle des Rindes, des Hundes, der Katze, der Krähe wandelt sich bei Luftzutritt durch Oxydation allmählig in Grün um; durch Desoxydation kann aber die gelbe Farbe wieder hervortreten. Mehrere pflanzenfressende Thiere (Schaaf, Kaninchen, Gans) haben schon eine grüne Galle. (*Bidder* und *Schmidt*, a. a. O. S. 212.)

Gorup-Besanez (Untersuchungen über d. Galle. 1846. S. 41) fand in der Galle eines alten Mannes 9,13 pCt., in jener eines 12jährigen Knaben 17,19 pCt. feste Bestandtheile. Der Gehalt der Galle an festen Bestandtheilen scheint bei verschiedenen Thieren nur wenig zu variiren, obwohl die Zusammensetzung der Galle übrigens sehr verschieden ist. Hauptsächlich variirt der Schwefelgehalt, und nach dessen Menge richtet sich die Taurinquantität, die man aus der Galle bekommen kann. (S. Allg. Phys.) Statt der Cholalsäure ($C^{50} H^{41} O^{11}$ *Mulder*, $C^{44} H^{40} O^{10}$ *Strecker*), die mit Taurin sowohl als mit Leimzucker gepaart in der Ochsengalle und in der Menschengalle vorkommt, erhält man nach *Gundelach* und *Strecker* (*Liebig's* Annal. Bd. 42. S. 206 u. Bd. 70. S. 179) aus der Schweinsgalle Hyocholalsäure ($C^{50} H^{80} O^{8}$), die mit Leimzucker gepaart Hyocholsäure ($C^{54} H^{36} O^{10} N^{2}$) bildet und auch mit Taurin gepaart als Hyocholinsäure ($C^{54} H^{90} O^{12} N^{2} S^{2}$) vorkommen soll. Die Schweinsgalle enthält sehr wenig Schwefel. Endlich hat *Strecker* in der Schweinsgalle ein Alkaloid gefunden, welches noch näherer Untersuchung bedarf.

Auffallend ist es, dass die Galle der Seefische fast nur Kalisalze, jene der pflanzenfressenden Säugethiere fast nur Natronsalze enthält; die Nährweise dieser Thiere liess gerade das Umgekehrte vermuthen. Das Vorhandensein kohlens. Salze in der frischen Galle haben *Mulder* (Phys. Chemie S. 995) und *Lehmann* (Lehrb. der phys. Chemie. Bd. 2. S. 58) in gleicher Weise wie im Blute dargethan. Die Asche aus der Galle wurde von *Weidenbusch* (*Erdmann* und *Marchand's* Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 48. S. 58) untersucht. Es wird durch diese Untersuchung über den Gehalt an verschiedenen anorganischen Substanzen in der unverbrannten Galle nur wenig Aufschluss gegeben. Chlornatron nimmt ohne Zweifel die erste Stelle ein; es sind aber auch die Phosphate in grosser Menge vorhanden.

§ 93. Gallensecretion.

Die Absonderung der Galle erfolgt in den Leberläppchen. Ohne Zweifel geschieht sie unter Mitwirkung der Leberzellen, in denen bereits einige Bestandtheile der Galle vorkommen. Aus der anatomischen Verbreitung der Gefässe ergiebt sich mit Zuverlässigkeit, dass die Gallenabsonderung aus venösem Blute erfolgt. Die Aeste der Pfortader bilden nicht blos ihr Capillarnetz zwischen den Leberzellen, sondern sie nehmen auch den grössten Theil des Blutes der Leberarterie auf, nachdem dieses bereits ein Capillarsystem in jenen Theilen, welche ausser dem eigentlichen Leber-

gewebe in dem Organe vorkommen, durchlaufen hat. Nur kleine Aestchen der Leberarterie gehen als Capillaren in das Capillarnetz der Pfortader über. Während die Gefässwände und andere Theile der Leber zu ihrer Nutrition arterielles Blut aufnehmen, gelangt somit eigentlich gar kein arterielles Blut zwischen die Leberzellen, und wenn auch einzelne Capillaren an der Oberfläche der Läppchen arterielles Blut führen, so kann doch bei den Leberzellen von einer gesonderten Function der Nutrition und der Secretion nicht die Rede sein. Beiderlei Thätigkeiten fallen zusammen und werden von der allgemein durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit ausgeführt, die fast ausschliesslich den Inhalt der Leberzellen bildet.

Die aus dem Blute ins Leberparenchym austretenden Substanzen müssen entweder Reihen von Zellen durchlaufen, bevor sie die kleinsten Gallenkanälchen erreichen können, oder wenigstens sind die Drüsenkanälchen, wenn dergleichen in den Leberläppchen vorkommen, stärker mit Zellen angefüllt als in andern Drüsen. Hierdurch wird es schon wahrscheinlich, dass die wesentlichen organischen Bestandtheile der Galle in den Leberzellen sich bilden und nicht blos aus dem Blute transsudirt werden. Die Bildung von Zucker in der Leber, der allmählig ins Blut zurückkehrt, ist Beweis genug dafür, dass dort eine lebhafte Stoffumwandlung vor sich geht. Wenn also auch Spuren organischer Gallenbestandtheile im Blute angetroffen worden sind, so dienen die anatomische Zusammensetzung der Leber und die unverkennbaren Metamorphosen innerhalb der Leber gleichwohl zum Beweise, dass die Hauptbestandtheile, welche in der Galle gefunden werden, nur erst in der Leber entstanden sind. Wie man sich ihre Bildung aus andern Stoffen zu denken habe, das wird in der Allg. Phys. erörtert. — Was von den Hauptbestandtheilen gilt, das findet nun aber weder auf die Cholesterine, noch auf die übrigen Fette, noch auf die Salze Anwendung. Wenn auch die Fettentwickelung in den Leberzellen zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehört, so folgt daraus noch nicht, dass das Fett hier gebildet und nicht aus dem Blute zugeführt wird. Für das Letztere spricht sogar der grössere Fettgehalt des Pfortaderblutes.

Die Leberzellen scheinen persistirende Gebilde zu sein; man hat keine genügenden Gründe für die Annahme, dass sie, gleich den Zellen der meisten Drüsen, durch den Secretionsprocess einer Auflösung unterliegen und dass sie durch neue Zellen ersetzt werden. Sie scheinen nur durch die stets zuströmende Ernährungs-

flüssigkeit ausgespült zu werden, welche mit jenen Substanzen theils als Galle in die Gallenkanäle, theils in die Lypmhgefässe übergeht, wobei ausserdem auch Stoffe aus der Leber ins Blut gelangen, fortwährend nämlich Zucker und bei behinderter Gallenableitung auch Gallenfarbstoff, wahrscheinlich zugleich mit allen übrigen Bestandtheilen. Es verdient jedoch Beachtung, dass *von Dusch* gefunden hat, Leberzellen lösen sich sowohl in Galle als in Lösungen von glykocholsaurem Natron auf.

Die abgesonderte Gallenmenge ist im Vergleiche zur Grösse des Organes unbedeutend. Durch Anlegung künstlicher Gallenfisteln bei Hunden und Katzen hat man gefunden, dass auf 1 Kilogramm Thier im Tage nur ungefähr 1 Gramm feste Substanz durch die Galle abgeschieden wird, was also etwa 30 Grammen flüssiger Galle entspricht. Die Secretion findet anhaltend statt, nimmt aber während der Verdauung zu und scheint erst 10 bis 12 Stunden nach einer reichlichen Mahlzeit das Maximum zu erreichen, worauf sie dann abnimmt. Es erhellet hieraus, dass auch diese Secretion einigermassen unter dem Einflusse des Nervensystems steht und dass sie durch Reizung der Magen- und Darmnerven hervorgerufen wird.

Die abgesonderte Galle kann unmittelbar aus dem *Ductus hepaticus* in den *Ductus choledochus* treten, und von da in den Zwölffingerdarm gelangen, sie kann aber auch aus dem *Ductus hepaticus* in den *Ductus cysticus* und in die Gallenblase gehn. Letzteres findet wahrscheinlich besonders dann statt, wenn nicht verdaut wird, und die Gallenblase kann zur Zeit, wo Speisen aufgenommen worden sind, durch ihre Contractionen die enthaltene Galle austreiben.

Die Wichtigkeit der Leberzellen für die Gallenabsonderung unterliegt keinem Zweifel; nur lässt sich ihre Bedeutung noch nicht genau angeben. Von Nutzen mag es vielleicht sein, wenn man die Veränderungen, welche die Leberzellen während der Verdauung nach *Meckel* (*Müller's* Archiv. 1846) und *Leidy* (*Amer. Journ. of med. Sc. Jan.* 1848) erfahren, genau untersucht. Bis jetzt ist aber das Verhältniss der Leberzellen zur Gallenabsonderung dadurch noch nicht gehörig aufgehellt worden, und eben so wenig durch die Untersuchungen von *E. H. Weber* (*Annotat. anat. et phys. Partic.* 10. 1848 und Berichte der Sächs. Ges. d. Wiss. Leipzig 1850), oder durch jene von *Handfield Jones* (*Philos. Transact.* 1853), dem die Leberzellen eine zuckerbildende Blutdrüse, die gesammten Gallenkanälchen aber, in denen keine Leberzellen vorkämen, die eigentliche gallenbereitende Drüse sind.

Mehrere Gründe, zumal chemische, sprechen dafür, dass die Hauptbestandtheile der Galle in der Leber sich bilden; sie kommen in der Allg. Phys. bei der Lehre vom Stoffwechsel zur Sprache. Es sprechen aber auch viele anatomisch-physiologische Thatsachen dafür. Bei Mollusken sowohl als bei Crustaceen hat *Meckel* (*Müller's* Archiv 1846. S. 9. u. 35) zwei Arten von Leber-

zellen gefunden, erstens nämlich fetthaltige und zweitens pigment- und bilinhaltige, und beide hat er auf ihren verschiedenen Entwickelungsstufen beobachtet. Eben so weisen die Veränderungen, welche *Weber* in der Leber von Fröschen und Hühnern aufgefunden hat, deutlich genug auf eine Stoffumwandlung in den Leberzellen hin. Wenn beim Huhne die Leberzellen sehr fetthaltig waren, dann fand er auch Fett in der Gallenblase. Die Zuckerbildung in der Leber führten wir oben als einen Beweis für die lebhafte Stoffumwandlung an. *Moleschott* hatte mit Wahrscheinlichkeit das Vorkommen verschiedener Gallenbestandtheile im Blute nachgewiesen und vertheidigte deshalb früher (Physiologie des Stoffwechsels S. 445) den Ursprung der Gallenbestandtheile aus dem Blute. Nachdem er nun aber die Untersuchungen von *Joh. Müller* und *Kunde* (*De hepatis ranarum exstirpatione. Berol.* 1850) bestätiget und namentlich nachgewiesen hat (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 11. S. 479), dass bei Fröschen, denen die Leber exstirpirt wird, selbst nach drei Wochen weder im Blute, noch im Fleische, noch im Magensafte, noch in der Lymphe, noch im Harn die Hauptbestandtheile der Galle vorkommen, so hat er die besten Argumente dafür geliefert, dass die Galle in der Leber bereitet wird. — Recht gut hat *Meckel* die Uebereinstimmung zwischen der Wirkung der Drüsenzellen und der Pflanzenzellen aus einander gesetzt; die Stoffumwandlung im Innern der letztern unterliegt aber keinem Zweifel.

Da die Gallenabsonderung ein anhaltender Process ist, der sich freilich während der Verdauung steigert, so wird sich allerdings kaum eine Veränderung des Leberzelleninhalts während der verschiedenen Verdauungsstadien nachweisen lassen. Was aber früher (§ 70) über die Abnahme der organischen Bestandtheile des Speichels, entsprechend der Dauer seiner Secretion, mitgetheilt worden ist, das muss uns davon überzeugen, dass die wesentlichen organischen Bestandtheile der Secrete in den Drüsenzellen sich bilden. Nur fragt es sich, in welcher Weise die Bestandtheile der Drüsenzellen in das Secretum übergehen. In vielen Drüsen beobachtet man ein Bersten oder eine Dehiscenz der Zellen und deren schliessliche Auflösung, z. B. in den Milchdrüsen. In der Leber scheint dieser Fall nicht einzutreten; *Meckel* lässt dies selbst für niedere Thiere unentschieden, für welche *Will* (Ueber die Absonderung der Galle. 1849) es nachgewiesen zu haben glaubte. In der Leber der höhern Thiere findet man aber keine in Auflösung begriffene Zellen, und eben so kommen auch in der Galle weder Leberzellen noch Reste davon vor, was *Wharton Jones* (*Philos. Transact.* 1848. *P. II. p.* 277) mit Unrecht behauptet hat. Es widerstehen diese Zellen selbst der stärksten Fett- und Speckmetamorphose. Auch ist das Vorkommen von zwei Kernen in vielen Leberzellen, welches *Imans* zumal in pathologischen Lebern häufig beobachtete, kein hinreichender Grund für die Annahme, dass diese Zellen in einer beständigen Vermehrung begriffen sind. Dagegen müssen wir gestehen, dass die Entdeckung *von Dusch's* (*Canstatt's* Jahresb. f. 1854. I. S. 70), welcher Leberzellen in der Galle und in einer Lösung von glykocholsaurem Natron löslich fand, im Vereine mit der Möglichkeit, dass sie in Drüsenkanälchen eingeschlossen liegen, unsere Ansicht von der Persistenz der Leberzellen etwas schwankend gemacht hat.

Die Secretion sowohl als die Verrichtung der Galle hat man bei Hunden und Katzen mittelst künstlicher Gallenfisteln untersucht. Dergleichen Fisteln hat zuerst *Schwann* (*Müller's* Arch. 1844. S. 127) angelegt, wobei aber die Menge der secernirten Galle nicht bestimmt wurde. Später fand *Blondlot* (*Essai sur les fonctions du foie et de ses annexes. Par.* 1846) bei einem Hunde eine Gallenabsonderung von 40 — 50 Grammen, und für den Menschen schlug er sie auf 200 Gramme im Tage an. Viele Untersuchungen hierüber verdanken wir *Bidder* und *Schmidt*. (*Stackmann, Quaestiones de bilis copia accuratius definienda.* 1849 und *Canstatt's* Jahresber. f. 1849. Bd. 1. S. 158. *Schellbach, de bilis functione ope fistulae vesicae felleae indagata,* 1850 und *Lehmann*, Phys. Chem. Bd. 2. S. 72.) *Stackmann* öffnete die Bauchhöhle bei Katzen, die $2\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden, 12 bis 15 Stunden, 24 Stunden, 2 bis 10 Tage zuvor zuletzt Nahrung bekommen hatten, unterband den *Ductus choledochus*, entleerte die Gallenblase, brachte ein silbernes Röhrchen in dieselbe und bestimmte während 2 bis $2\frac{1}{2}$

Stunden Viertelstundenweise die Menge der entleerten Galle. Er erhielt auf ein Kilogramm Körpergewicht täglich im Mittel 14,616 Gramme Galle mit 0,840 Gramm feste Bestandtheile, oder etwa $\frac{1}{70}$ des Körpergewichts. Bei *Schellbach* lesen wir, dass *Bidder* bei Hunden im Mittel 0,960 Gramm trockne Galle auf 1 Kilogramm Thier erhielt, wenn die Galle unmittelbar nach dem Anlegen der Gallenfistel einige Stunden nach einander gesammelt wurde. Bei einem Hunde, der sehr viel Nahrung verschlang, fand *Schellbach* 1,268 Gramm verzeichnet, bei einem andern, der stark abmagerte, 0,480 Gramm, bei einem dritten endlich 1,077 Gramm. — *Nasse* (*Comment. de bilis a cane quotidie secretae copia et indole.* 1851) beobachtete die Gallenabsonderung bei einem Hunde mit einer Gallenfistel länger denn 5 Monate und erhielt eine noch geringere Menge, nämlich 2,2 Gramme auf ein Kilogramm Thier im Tage und darin 0,71 Gramm feste Bestandtheile. Später haben *Bidder* und *Schmidt* eine Reihe von Bestimmungen über die Gallenmenge bei Katzen, Hunden, Schafen, Kaninchen, Gänsen und Krähen vorgenommen. Wir geben ihre gefundenen Mittelwerthe und fügen zugleich, soweit wir es berechnen konnten, das Verhältniss zwischen Lebergewicht und Körpergewicht hinzu. In Grammen kamen nämlich auf 1 Kilogramm

	Katze.	Hund.	Schaf.	Kaninchen.	Gans.	Krähe.
In 1 Stunde, frische Galle . . .	0,608	0,824	1,059	5,702	0,491	3,004
» trockne Galle . .	0,034	0,042	0,056	0,103	0,034	0,219
In 24 Stunden, frische Galle . .	14,50	12,990	25,416	136,84	11,784	72,096
» trockne Galle .	0,816	0,988	1,344	2,47	0,816	5,256
Leber: Körpergewicht . . . =	1:27,67	?	1:53,57	1:33,54	1:62,41	1:33,74

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass das Kaninchen im Verhältniss zu seinem Körpergewichte die meiste, die Katze dagegen die wenigste Galle liefert, und dass ein sehr erheblicher Unterschied hierin stattfindet, der sich weder aus der Grösse des Thiers, noch aus der Fütterung erklären lässt. Zwischen der Gallenmenge und dem relativen Lebergewichte lässt sich auch kein Zusammenhang nachweisen: die Katze, welche die wenigste Galle absondert, hat verhältnissmässig die grösste Leber.

Stackmann's Untersuchungen unter der Leitung von *Bidder* und *Schmidt* lehren, dass durch reichliche Fütterung die Gallenabsonderung zunimmt, dass sie dagegen durch Fasten während einiger Tage auffallend abnimmt. Aufnahme von Nahrung veranlasst in den ersten Stunden eine stärkere Gallenabsonderung. *Stackmann* beobachtete jedoch bei Katzen die reichlichste Secretion erst 12 bis 15 Stunden nach der Fütterung. Bei Hunden mit Gallenfisteln nimmt die Gallensecretion bald nach dem Fressen etwas zu, dann sinkt sie wieder etwas, nimmt nochmals zu und erreicht 12 bis 14 Stunden nach dem Fressen das Maximum. (S. die ausführlichen Tabellen bei *Bidder* und *Schmidt* S. 126.) Bei dem merkwürdigen Hunde *Blondlot's* (*Gaz. méd. de Paris* 1851. *p.* 407), der 5 Jahre lang mit einer Gallenfistel lebte, dabei jagte und Junge warf, ohne dass ein Tropfen Galle in das Darmrohr floss, trat die Galle ausser der Zeit der Verdauung nur tropfenweise aus; dagegen kam sie ein Paar Minuten nach der Aufnahme von Nahrung in Menge zum Vorschein und sie floss ab, so lange die Verdauung währte. — Nähere Untersuchungen über die Umstände, welche auf die Beschaffenheit und die Menge der abgesonderten Galle von Einfluss sind, stellte noch *Nasse* an. In der aus der Fistel abfliessenden Galle fand er nur 3,76 pCt. feste Bestandtheile, wogegen die Galle aus der Gallenblase anderer Hunde 6,1 bis 9,2 pCt. gab. Im Ganzen war die Gallenmenge, besonders ihr Gehalt an organischen Bestandtheilen, grossem Wechsel unterworfen. Er bestätigte die Wahrnehmung von *Bidder* und *Schmidt*, dass die Gallenabsonderung durch reichliches Futter (mehr durch Fleisch als durch Brod und Kar-

toffeln, besonders aber durch Fett, so lange dieses gierig verschlungen wurde), desgleichen auch bald nach der Aufnahme von Getränk zunimmt, durch Fasten dagegen abnimmt; ferner fand er, dass sie bei Nacht geringer ist als bei Tage. Aehnliche Untersuchungen, die mit viel Sorgfalt und Zeitaufopferung angestellt wurden und ungefähr die nämlichen Resultate lieferten, haben wir noch von *Arnold* (Zur Physiologie d. Galle. Mannh. 1854) von Einem Hunde, von *Kölliker* und *H. Müller* (Abhdlgg. d. phys. medic. Ges. zu Würzb. Bd. 5. S. 221) von drei Hunden. Von den letztern haben wir noch eine grosse Reihe consequent gemachter Beobachtungen an verschiedenen Individuen zu erwarten, die sie nöthig erachteten, um das Gesetzmässige in dem Einflusse der einander oft störenden Momente darzulegen. — *Schellbach* verdanken wir noch die interessante Thatsache, dass die Exstirpation der Milz keinen merklichen Einfluss auf die Gallenabsonderung äussert. Viele von seinen Versuchen über die Gallensecretion sind gerade bei einem Hunde angestellt worden, der keine Milz mehr hatte.

Dass die secernirte Galle ausser der Zeit der Verdauung in die Gallenblase übergeht, ist daraus zu entnehmen, dass sie sich bei Thieren, welche länger fasteten, in grosser Menge dort ansammelt, obwohl die Secretion während des Fastens sich mindert. Erst 2 bis 2½ Stunden nach der Aufnahme von Nahrung wird die Gallenblase leer. Doch scheint die Gallenblase nicht hinreichende Grösse zu besitzen, um alle zwischen den Mahlzeiten abgesonderte Galle aufzunehmen, wenn auch die Galle darin durch Aufsaugung der wässrigen Bestandtheile dichter wird. (S. *Bidder* und *Schmidt* a. a. O. S. 210).

§ 94. Nutzen der Galle.

Da die Galle in den obersten Theil des Darmrohrs austritt, so ist schon zu vermuthen, dass sie bei der Verdauung eine wichtige Rolle spielt. Ihr Nutzen war aber in Dunkel gehüllt, und nach der Meinung mancher Physiologen sollte sie nur als ein Auswurfsstoff zu betrachten sein. Zur Entscheidung der Frage liess *Schwann* bei einer grössern Anzahl von Hunden die Galle durch künstliche Fisteln abfliessen, und er fand, dass die Thiere bald an Gewicht verloren, verkümmerten und nach 14 Tagen bis 3 Wochen zu Grunde gingen. Er gelangte daher zu dem Schlusse, die Galle sei eine für das Bestehen unbedingt nothwendige Flüssigkeit. Dem wurde aber von *Blondlot* widersprochen. Dieser nämlich beobachtete, dass ein Hund, dem er den Eintritt der Galle in den Darmkanal unmöglich gemacht hatte, drei Monate hindurch ganz gesund fortlebte, und er folgerte daraus, dass die Galle nur ein Excretionsstoff sei. Einen andern Hund behielt *Blondlot* in solchem Zustande fünf Jahre hindurch am Leben.

Den Widerspruch in diesen Resultaten hat *Schellbach* aufgeklärt. Naeh ihm bedürfen die Hunde mit Gallenfisteln weit mehr Nahrung, um einestheils den Verlust der Galle zu ersetzen, die sich in den Darmkanal ergiesst und grossentheils wieder aufgesaugt wird, und um andererntheils der weniger vollkommenen Aufsaugung des aufgenommenen Fettes das Gegengewicht zu halten. Erhalten

die Thiere eine zureichende Quantität Nahrung und wird ihre Verdauung nicht durch Nebenumstände gestört, dann können sie ohne Gewichtsabnahme und bei sonst normalen Functionen am Leben bleiben, wenn auch keine Galle in das Darmrohr eintritt.

Daraus folgt aber noch nicht, dass die Galle ein blosses Excretionsproduct und von keinem Nutzen für die Verdauung ist. Gerade *Schellbach's* Versuche haben den Beweis geliefert, dass die Absorption des Fettes sehr unvollkommen von statten geht, wenn die Galle nicht in den Darm treten kann. Sonst scheint sie keine erheblichen Dienste bei der Verdauung zu leisten. Wenigstens ist es bewiesen, dass die eiweisshaltigen Substanzen gleich gut verdaut werden, wenn auch der Gallenzutritt behindert ist, und dass die Galle auch kaum etwas dazu beiträgt, das Stärkemehl in Zucker umzuwandeln. Deshalb kann eine reichliche Zufuhr von Eiweisskörpern und von stärkemehlhaltigen Substanzen für den Verlust des Fettes, welches mit dem Kothe ausgeschieden wird, und für jenen der Galle, welche durch die Fistel nach aussen tritt, vollen Ersatz bieten.

Die Galle trägt ausserdem auch noch zum Neutralisiren des Chymus bei, sie mindert bei Fleischdiät die Neigung zur Zersetzung und sie kann ferner als wässrige Flüssigkeit die Aufsaugung im Allgemeinen befördern. Vielleicht kann auch durch den Reiz, welchen die Galle auf die Darmschleimhaut ausübt, die Absonderung des Darmsaftes und des pankreatischen Saftes befördert werden.

Schwann (a. a. O.) bemerkte schon, dass die Gewichtsabnahme bei Hunden mit Gallenfisteln nicht regelmässig fortschreitet, und *Valentin* (Physiologie Bd. I. S. 617) wies darauf hin, wie wünschenswerth es sei, gleichzeitig die Menge der aufgenommenen Nahrung zu vergleichen. Späterhin gelang es aber *Schwann* eben so, wie *Blondlot*, ein Paar Hunde länger am Leben zu behalten, und *Nasse* bemerkte, dass der von ihm operirte Hund ungemein gefrässig war. So lag es nun auf der Hand, den Grund der Abmagerung der Hunde in einer unzureichenden Zufuhr von Nahrung zu suchen, und durch *Schellbach* wurde es nachgewiesen, dass wirklich eine grössere Zufuhr von Nahrung erforderlich ist, wenn der Verlust an Galle und die unvollkommene Absorption einen Ersatz finden sollen. Die unvollkommene Absorption wurde durch Bestimmung der Fettmenge im Kothe ermittelt. Versuche von *Boussingault* und von *Nasse* lehrten nämlich, dass nur eine bestimmte Menge Fett aufgesaugt wird, mag auch noch so viel davon aufgenommen werden. Eine Bestätigung dieses Satzes lieferte *Lenz* (*De adipis concoctione et absorptione* 1851), der ebenfalls unter der Leitung von *Bidder* und *Schmidt* experimentirte, und er bewies zugleich, dass jene Menge auffallend abnimmt, wenn keine Galle in den Darm tritt. *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 226) haben späterhin noch dargethan, dass bei Hunden mit Gallenfisteln der Fettgehalt des Chylus bedeutend abnimmt: statt des Mittelwerthes von 3,2 pCt. erhielten sie nur 0,2 pCt. Um den hierdurch entgehenden Kohlenstoff und Wasserstoff zu ersetzen, muss eine die Fettmenge bei weitem übertreffende Menge von Proteinkörpern und Kohlenhydraten aufgenommen werden; und so kann es nicht Wunder nehmen,

dass *Schellbach's* Hund, nachdem ihm eine Gallenfistel angelegt worden war, fast noch einmal so viel Fleisch nöthig hatte.

Frühere Physiologen hatten bereits auf den Nutzen der Galle für die Verdauung des Fettes hingewiesen, davon ausgehend, dass dem Chylus die weisse Färbung fehlt, wenn die Galle nicht in den Darm treten kann. Da jedoch die Fettabsorption nur zum Theil unterdrückt wird, so war der Erfolg kein beständiger, in keinem Falle wenigstens ein entscheidender. Die Einwirkung der Galle auf Fette gab auch wenig Aufschluss: *Lenz* wies nach, dass die Fettsäuren durch Galle gelöst werden, dass aber freie Fette sich darin weder lösen noch verseifen. Auch jetzt weiss man noch nicht, wie die Absorption der Fette durch die Galle unterstützt wird. Die Eigenschaft, Fett in einen feinzertheilten emulsionsartigen Zustand zu versetzen, kommt der Galle in viel geringerem Maasse zu als dem Bauchspeichel. Ist dieser eine Bedingung für die Fettabsorption, so wird man annehmen müssen, dass der Nutzen der Galle für die Fettabsorption zum Theil darauf beruht, dass die Absonderung des pankreatischen Saftes befördert wird.

Auf andere Weise wollen *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 231) die Wirkung der Galle erklären. In einem Haarröhrchen, dessen Wände mit Galle befeuchtet waren, sahen sie Oel viel höher steigen, als in einem ähnlichen Röhrchen mit trocknen, oder nur mit Wasser oder Salzlösung befeuchteten Wänden, und daraus folgern sie, dass durch die Befeuchtung der Epithelialzellen der Darmzotten mit Galle deren Anziehung zum Fette begünstigt wird. Die Versuche, welche *von Wistinghausen* (*Schmidt's* Jahrb. Bd. 75. S. 148) unter der Leitung von *Bidder* und *Schmidt* anstellte, scheinen für die Richtigkeit dieser Annahme zu sprechen. Während Oel nur unter hohem Drucke durch eine trockene oder gar durch eine mit Wasser getränkte Membran sich durchtreiben lässt, sah er, wenn die Membran mit Kalilösung getränkt wurde, dass Oel theils im verseiften, theils im nicht verseiften Zustande schon bei einem sehr geringen Drucke durchtreten konnte. Weiter tritt das Oel durch die Membran, ohne seine chemische Constitution zu ändern, wenn es sich mit einer Flüssigkeit mischt, welche bei grosser Verwandtschaft zur Membran das Oel suspendirt zu erhalten vermag. So erfolgte ein reichlicher Uebertritt von freien Oeltröpfchen schon ohne allen Druck, wenn in der obern Röhre eine Seifenlösung war, und bei Anwendung von Druck in noch grösserer Menge. Die Fähigkeit, Oel suspendirt zu erhalten, kommt nach *Wistinghausen* auch der Galle zu; ihrer bekannten Verwandtschaft zu thierischen Membranen zu Folge werde sie daher das in ihr suspendirte Oel mit sich durch jene hindurchführen. Brachte er in die obere Röhre eine Lösung von 5 Th. fettfreien krystallisirten glykocholsauren Natrons auf 95 Th. Wasser, so waren nach 18 Stunden mit und ohne Druck reichliche Oelquantitäten durch die Membran getreten, etwas geringere, wenn der Gallenlösung Eiweiss, grössere, wenn ihr ausserdem noch etwas Kalilösung zugesetzt war. Wurde die Gallenlösung bis zur sauern Reaction mit Salzsäure versetzt, so ging mehr Oel über, als bei reiner Gallenlösung; ein Beweis, dass der saure Magensaft die fragliche Eigenschaft der Galle nicht aufhebt. — Diese Ergebnisse, welche wahrscheinlich in der von uns noch nicht eingesehenen Schrift *C. Hoffmann's* (Ueber die Aufnahme des Quecksilbers u. der Fette. Würzb. 1854) bestätigt werden, stehen im vollen Einklange mit der Theorie der Osmose.

Die Galle kann ferner den sauern Chymus neutralisiren. Wenn sie auch im schleimfreien Zustande nicht alkalisch reagirt, so kann sie doch im Darme bei weiterer Zersetzung wirklich hierzu beitragen. Die mit Alkalien verbundenen Gallensäuren werden nämlich durch die stärkeren Säuren im Chymus ausgetrieben, und indem sie allmählig in das nichtsaure Dyslysin sich umwandeln, muss die saure Reaction abnehmen. Nach *Valentin* (Phys. Bd. 1. S. 370) hat der Koth einen höchst stinkenden Geruch, wenn die Galle nicht in den Darm treten kann, was auch *Hoffmann* (*Haeser's* Archiv Bd. 6. S. 137) bestätigte. *Bidder* und *Schmidt* beobachteten immer eine starke Gasentwickelung in der Bauchhöhle, wenn die Galle durch eine Fistel sich nach aussen entleerte, und bei Fleischnahrung verbreitete der Koth einen unerträglichen fauligen Ge-

ruch, bei Pflanzennahrung dagegen war er stark sauer. Ein nachtheiliger Einfluss auf die Gesundheit der Thiere liess sich aber davon nicht wahrnehmen, auch nicht bei Fleischdiät.

Man hat der Galle ferner noch mehr denn eine Wirkung zugeschrieben. Nach *Meckel* sollte sie im Stande sein, Zucker in Fett umzuwandeln; eine Behauptung, die er indessen selbst wieder zurückgenommen hat. — Auch ist die Galle nicht im Stande, Eiweisskörper aufzulösen, oder Stärkemehl in Zucker umzuwandeln. — Dass in den Peptonen durch Einwirkung der Galle wiederum coagulabeles Eiweiss auftrete, wie es *Scherer* (Ann. d. Chem. u. Pharmacie, Bd. 40. S. 9) und *Frerichs* (a. a. O. S. 836) annahmen, das ist durch die Untersuchungen *Lehmann's* (Phys. Chemie Bd. 2. S. 98) unwahrscheinlich geworden. — Als verdünnende Flüssigkeit, um die Nahrungsbestandtheile zur Aufsaugung geschickter zu machen, steht die Galle den meisten Verdauungsflüssigkeiten nach, da sie sehr reich an festen Bestandtheilen ist. — Endlich ist es auch nicht ganz ausgemacht, dass die Galle auf die Wandungen des Darmrohrs als Reiz einwirkt, wodurch die Secretion befördert und die Muskelcontraction hervorgerufen wird. Man hatte auf diese Wirkung wegen der Verstopfung geschlossen, welche bei Gelbsucht von gehindertem Zuflusse der Galle in den Darm im Allgemeinen vorhanden ist. Dieser pathologische Zustand ist jedoch zu complicirt, um daraus jene Schlussfolgerung ziehen zu können, und jedenfalls wird dieselbe durch die Erscheinungen bei künstlichen Gallenfisteln eher Lügen gestraft als begründet.

Die Aufsaugung des grössten Theils der Gallenbestandtheile im Darmkanale darf als ausgemacht gelten. Wenn auch die Zersetzung der Galle im Darme es sehr schwierig macht, die Menge der im Kothe enthaltenen Gallenbestandtheile zu bestimmen, so darf dies doch durch die Befunde *Schellbach's* (*Schmidt's*) als ausgemacht gelten. *Lehmann* (Phys. Chemie. Bd. 2. S. 718) kochte die *faeces* mit kalihaltigem Alkohol, um das etwa gebildete unlösliche Dyslysin löslich zu machen, und fand ebenfalls so wenige Gallenbestandtheile darin, dass er zu dem nämlichen Schlusse kommt. Mit Unrecht folgert daher *Frerichs* (a. a. O. S. 840) aus seinen Versuchen, es finde blos eine Umwandlung der Galle in mehr unlösliche Bestandtheile statt. — Die Aufsaugung der Alkalien der Galle hatte *Liebig* bereits aus der Asche der *faeces* erschlossen. Er hat auch ausgesprochen, die Hauptbestandtheile der Galle würden im Darmkanale aufgesaugt; in Ermangelung von Beweisen dafür hat er aber nur zufällig eine Wahrheit ausgesprochen.

§ 95. Bauchspeicheldrüse.

Das Pankreas stimmt in seinem Baue ganz mit den Speicheldrüsen überein. Im Allgemeinen hat es eine gelbliche Farbe vom Fette der Drüsenzellen, und dadurch schliesst es sich bestimmter an die Unterkieferdrüse an; nur ist es nicht von gleich klebriger Beschaffenheit. Es hat einen lappigen Bau, und zwar unterscheidet man kleinere und kleinste Läppchen, die durch Bindegewebe getrennt sind; an den letztern unterscheidet man Drüsenbläschen von $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{25}$ L. Durchmesser. Das bedeckende Drüsenepithelium besteht aus einer einfachen Schicht rundlicher, gegen einander abgeplatteter Zellen, die nur $\frac{1}{3}$ vom Durchmesser des Drüsenbläschens freilassen. Diese Zellen mit körnigem Inhalte und hellem Kerne, mit 1 oder 2 Kernkörperchen, besitzen, zumal beim Menschen, viele kleine Fettkügelchen, die meistens gruppenweise um den Kern

herum liegen. — Zu den normalen Bestandtheilen der Bauchspeicheldrüse gehört auch das Leucin, welches in die Absonderungsflüssigkeit übergeht.

Die Ausführungsgänge sind mit einem Cylinderepithelium bekleidet und bestehn aus Bindegewebe. In den Wandungen der grössern Stämme kommen traubenförmige Drüschen vor.

Die Gefässe verhalten sich wie in den Speicheldrüsen; die Nerven stammen vom Sympathicus und begleiten die Arterien.

Die wesentlichsten Bestandtheile sind die Zellen der Drüsenbläschen. Wie das Secretum von jenem aller andern Drüsen abweicht, so ist auch der Inhalt dieser Zellen, in denen die Bildung jener Bestandtheile angenommen werden muss, von jenem der andern Drüsen verschieden. Das Fett ist in Gestalt kleiner Körnchen darin aufgehäuft. Schwache Essigsäure macht den übrigen Inhalt dunkler, starke Essigsäure und Alkalien lösen ihn auf. In der Flüssigkeit auf einem dünnen Durchschnitte, in welche die Bestandtheile ausgetreten sind, bewirkt Essigsäure einen feinkörnigen Niederschlag. Bei der Parotis entsteht kaum ein solcher Niederschlag; an der Submaxillaris ist derselbe häutig (*Mucine*). – Die Drüschen des Ausführungsganges hat *E. H. Weber* (*Programmata collecta* 1851. *p.* 188) entdeckt. *Kölliker* fand kein Fett im Epithelium dieser Drüschen und weiss nicht, ob er sie als Schleimdrüschen betrachten oder zum Pankreasparenchym rechnen soll. Wir halten sie für Schleimdrüschen. Faserzellen konnte *Kölliker* im *Ductus Wirsungianus* nicht auffinden. Ueber das rein Anatomische dieser Drüse s. *Verneuil* (*Gaz. méd.* 1851. *p.* 384 u. 398).

Das Leucin hat *Virchow* (Archiv f. path. Anat. Bd. 8. S. 359) als einen normalen Bestandtheil im Pankreas aufgefunden. Wiederholt war schon vom Vorkommen des Leucins im thierischen Organismus gesprochen worden, namentlich hatten *Robin* und *Verdeil* (*Traité de Chimie anatomique T.* 2. *p.* 420) das Leucin in den Lungen erwähnt. Die Aufmerksamkeit wurde aber erst allgemein darauf gelenkt, nachdem *Frerichs* und *Steideler* (*Müller's* Archiv 1854. S. 354) Leucin neben Tyrosin in pathologischen Lebern und zugleich auch im Blute der Lebervenen nachgewiesen hatten. Es stellte sich weiter heraus, dass die eigenthümliche Substanz, welche *Scherer* aus der Milz erhielt und Lienin nannte, nichts anders als Leucin ist. Ueberdies hat *Frerichs* nun auch in andern Blutgefässdrüsen, in der Thyreoidea und in der Thymus constant Leucin gefunden, so wie ferner auch in grosser Menge im pankreatischen Safte lebender Pferde und Hunde, weniger im Speichel einer salivirenden Frau. Dagegen hat er aus gesunden frischen Lebern von Menschen und Thieren weder Leucin noch Tyrosin gewinnen können; erst bei behinderter Gallenbildung scheinen sie sich in der Leber anzuhäufen.

§ 96. Pankreatischer Saft.

Der normale *Succus pancreaticus* ist farblos, klar, aber sehr zäh und klebrig, ohne merklichen Geruch und von einem salzartigen Geschmacke. Die Reaction ist stark alkalisch. In der Hitze coagulirt er zu einer festen, weissen Masse. Diese gerinnbare Substanz wird auch durch starke Säuren, durch Metallsalze, durch Alkohol präcipitirt. Essigsäure bewirkt ebenfalls einen Niederschlag, der im Ueberschuss sich kaum löst. Die präcipitirte Substanz hat

alle Eigenschaften einer Proteinverbindung. Von Eiweiss unterscheidet sie sich dadurch, dass sie, wenn sie durch Alkohol präcipitirt und getrocknet wurde, sich leicht wieder in Wasser auflöst (*Bernard*). Ausser diesem Hauptbestandtheile enthält der Bauchspeicheldrüsensaft noch Leucin und ein butterartiges Fett. — Im dünnen, flüssigen (und deshalb vielleicht nicht normalen) pankreatischen Safte eines Esels fand *Frerichs* nur 1,36 pCt. feste Bestandtheile, von denen reichlich ⅔ anorganische waren. Aus dem normalen Bauchspeichel des Hundes erhielten *Bidder* und *Schmidt* reichlich 10 pCt. feste Bestandtheile und weniger denn 1 pCt. Asche.

Regner de Graaff (*Tract. med. de succi pancreatici natura et usu. Lugd. Bat.* 1664) fing schon den pankreatischen Saft des Hundes auf und fand ihn klar und wenig klebrig. Dann haben *Tiedemann* und *Gmelin*, so wie *Leuret* und *Lassaigne* diese Flüssigkeit untersucht. Die erstern fanden sie reich an festen Bestandtheilen und in der Hitze gerinnbar; die letztern beschreiben sie als alkalisch und grossentheils dem Mundspeichel ähnelnd. *Bernard* (*Archives génér.* 1849. *T.* 19. *p.* 60) hat in einer ausgezeichneten Arbeit die Beschaffenheit des pankreatischen Saftes aufgeklärt. Wir haben ihn nach den von *Bernard* für den Hund angegebenen Charakteren, die er aber auch beim Kaninchen, beim Pferde, bei Hühnern und Tauben eben so fand, beschrieben. Um sich die Flüssigkeit zu verschaffen, führt *Bernard* ein Röhrchen in den *Ductus pancreaticus* ein, woran ein kleines Kautschukfläschchen befestigt ist. Bei Hunden wird im rechten Hypochondrium unter den Rippen ein Einschnitt gemacht, das Duodenum und das Pankreas werden herausgezogen, der grösste *Ductus pancreaticus* wird dann etwas vom Darmparenchym getrennt und durchschnitten. In diesen bringt man dann ein silbernes Röhrchen und befestigt es durch einen Draht, und wenn das Pankreas mit dem Duodenum in die Bauchhöhle zurückgebracht ist, dann wird das aus der Wunde hervorragende Röhrchen mittelst einer Naht gesichert. Einige Zeit hindurch hat die langsam austretende Flüssigkeit die oben genannten Eigenschaften; durch Reizung des Pankreasparenchyms steigert sich aber bald die Absonderung, wobei jedoch die Flüssigkeit zugleich dünner wird und die zähe, klebrige Beschaffenheit verliert. *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 242) hingegen beobachteten, dass die Flüssigkeit manchmal auch 8 Stunden lang ihre normalen Eigenschaften beibehielt. *Donders* war bei *Bernard* Zeuge eines vorzüglich gelungenen Versuchs der Art, und später ist es ihm auch geglückt, von zwei Hunden eine gewisse Menge pankreatischer Flüssigkeit zu bekommen, woran er die von *Bernard* angegebenen Eigenschaften wahrnahm. *Frerichs* (Art. Verdauung) bekam von einem Esel eine viel dünnere Flüssigkeit, und den Bauchspeichel von Hunden und von Katzen fand er auch weder besonders zähe, noch durch Erhitzen gerinnbar. Er öffnete nämlich das Duodenum und brachte ein Röhrchen in die Oeffnung des *Ductus pancreaticus* ein. Diese Methode ist aber nicht vortheilhaft und man erhält nur verhältnissmässig geringe Mengen. Wir sind überzeugt, dass *Bernard* die wahren Eigenschaften des pankreatischen Saftes vom Hunde beschrieben hat. Dass die Flüssigkeit vom Esel dünner sein könne, wollen wir nicht in Abrede stellen; wenigstens fand *Colin* (*l'Institut* 1851. *p.* 91) dieselbe vom Pferde auch sehr arm an Eiweiss, während jene von Stieren und von Kühen zuerst eine dicke, zähe Beschaffenheit hatte, und erst 1½ Stunden nach dem Anlegen der Fistel von minder zäher Beschaffenheit abfloss. Da es indessen feststeht, dass bei manchen Thieren die anfangs zähe eiweissreiche Flüssigkeit schnell flüssiger wird, so darf es immer noch zweifelhaft erscheinen, ob man den flüssigen Bauchspeichel als nor-

malen ansehen kann, um so mehr, da *Frerichs* bei seiner Methode auch in der vom Hunde gewonnenen Flüssigkeit nur wenig Eiweiss gerinnen sah, obwohl ihr eine kleine Menge Blut beigemengt war, und *Bernard* vom Pferde Bauchspeichel bekam, der durch Erhitzen vollständig coagulirte. Es sind noch fernere Untersuchungen nöthig, wobei auch auf die Art des Drüsengewebes Rücksicht genommen werden muss. So viel ist gewiss, dass *Frerichs* den normalen Bauchspeichel des Hundes nicht gekannt hat. Seine Analyse des flüssigen pankreatischen Saftes vom Esel, worin er nur 1,36 pCt. feste Bestandtheile und darin nicht weniger als 1,1 pCt. anorganische Substanzen fand, macht es wahrscheinlich, dass auch diese Flüssigkeit keine normale war.

Weinmann (Zeitschr. f. rat. Med. 1853. S. 243) ist es unter *Ludwig's* Leitung gelungen, eine bleibende Fistel des stärksten Ausführungsganges des Pankreas bei einem Hunde anzulegen, aus welcher er anhaltend eine grosse Menge verflüssigten Bauchspeichels erhielt. Er fand, dass bei abnehmender Secretion die festen Bestandtheile darin wuchsen, bis sie ein Maximum erreichten, welches aber niemals 5,6 pCt. überschritt; denn als mitunter die Menge des Secretums noch mehr sank, nahm der Gehalt an festen Bestandtheilen doch nicht weiter zu. Nach diesem Vorgange hat dann *Schmidt* (Annalen d. Chem. u. Pharm. Oct. 1854 und *Kröger, de succo pancreatico. Dorp.* 1854) seine Untersuchungen des Bauchspeichels wiederum aufgenommen, den er aus bleibenden Fisteln nach *Ludwig's* Methode gewann. Er war ebenfalls dünnflüssig und hatte nur ein spec. Gew. von 1,010 bis 1,011. Wir legen deshalb *Schmidt's* (Verdauungssäfte und Stoffwechsel S. 245) früheren Analysen des Bauchspeichels, der unmittelbar aus einer temporären Fistel des Hundes entnommen war, mehr Werth bei. Es war eine stark klebrige Flüssigkeit, worin einmal 11,56 pCt. feste Bestandtheile vorkamen, und ein anderes Mal bei 1,0306 spec. Gew. 9,924 pCt. Es enthielten aber 1000 Theile der letztgenannten Flüssigkeit:

Wasser				900,76
Organische Substanzen	in Alkohol unlöslich	durch Wasser wieder löslich	64,25	90,37
		nicht wieder löslich	4,00	
	in Alkohol löslich		22,12	
Anorganische Substanzen	Schwefelsaures Kali		0,02	8,54
	» Natron		0,10	
	Salzsaures Natron		7,36	
	Phosphorsaures Natron		0,45	
	Natron		0,32	
	Kalk		0,22	
	Magnesia		0,05	
	Eisenoxyd		0,02	
			98,91	999,67.

Darin sind also noch nicht 9 pM. anorganische Sustanzen. Die dünne Flüssigkeit aus der permanenten Fistel, welche *Schmidt* analysirte, enthielt noch nicht 2 pCt. feste Substanzen, und darin kamen 35 pCt. anorganische Bestandtheile vor, und zwar viel mehr Natron und weit weniger Chlornatron, als in der anorganischen Substanz der dicken Flüssigkeit, welche zu der oben mitgetheilten Analyse aus der temporären Fistel gesammelt war.

§ 97. Secretion des pankreatischen Saftes.

Ueber die Secretion des Bauchspeichels haben *Bernard's* Untersuchungen ebenfalls das meiste Licht verbreitet. Ausser der Zeit der Verdauung fand er das Drüsengewebe blutleer, alsbald aber nach der Aufnahme von Nahrung war es geröthet. Dem vermehrten

Blutzuflusse entspricht eine stärkere Secretion. Hat das Thier längere Zeit nichts zu fressen bekommen, dann ist der *Ductus pancreaticus* abgeplattet und leer, dagegen findet man ihn bald nach der Aufnahme von Nahrung, so wie während der ganzen Verdauung gefüllt. Im erstern Falle zeigte sich nach 3 Stunden nur erst ein einzelner Tropfen an dem eingeführten Röhrchen; während der Verdauung dagegen fliessen in der Minute zwei Tropfen aus, so dass man für einen grossen Hund während der Verdauung 2 Gramme Bauchspeichel in der Stunde rechnen kann.

Bei einem 20 Kilogramme schweren Hunde bekamen *Bidder* und *Schmidt* ungefähr die nämliche Menge als Maximum für eine Stunde. Wurde die Beobachtung 8 Stunden lang fortgesetzt, dann betrug die mittlere Menge kaum 1 Gramm, nämlich 0,0476 Gr. auf ein Kilogramm Thier. Gleichviel mochte etwa durch die andern Ausführungsgänge in den Darm gelangen. Danach berechnen sie für einen Menschen von 64 Kilogrammen Gewicht die mittlere Menge Bauchspeichel in 24 Stunden auf 150 Gramme, mit 15 Grammen fester Bestandtheile. Das spec. Gewicht betrug 1,0306. Die reichliche Absonderung, welche im Allgemeinen schon einige Stunden nach der Operation eintritt, kommt auf Rechnung eines Reizungszustandes der Drüse; dabei ist das Secretum auch mehr wässerig geworden.

Morphologische Elemente kommen nur in sehr geringer Menge im Bauchspeichel vor, nämlich halbgeschwundene, in Auflösung begriffene Drüsenzellen. Gleichwie in den Speicheldrüsen scheint die Abstossung und Neubildung von Drüsenzellen im Pankreas nur langsam vor sich zu gehen. Die Secretion erfolgt unter dem Einflusse des Nervensystems durch Reflexion vom Magen und von den Gedärmen, und es werden dadurch die Bestandtheile der Zellen ausgespült. Das wässrige Extract der Drüse besitzt daher auch wirklich viele Eigenschaften des Bauchspeichels. Einer raschen Abstossung der Drüsenzellen muss es schon hinderlich sein, dass innerhalb der Drüsenbläschen zwischen diesen Zellen so wenig Raum übrig bleibt.

Bernard's Beobachtung, dass der *Ductus Wirsungianus* ausser der Zeit der Verdauung leer ist und dass die Drüse während der Verdauung sich röthet, haben auch wir, gleich *Frerichs* und *Bidder* und *Schmidt* bestätigt gefunden. Es hat sich ferner herausgestellt, dass der pankreatische Saft, gleichwie Speichel, Magensaft und Galle, nur während der Verdauung in grosser Menge auftritt. Wenn daher *Bidder* und *Schmidt* nach der bei einem Hunde binnen 8 Stunden abgeschiedenen Menge, und zwar 2 Stunden nach einer reichlichen

Mahlzeit mit der Sammlung beginnend, den Mittelwerth berechnen, so scheint uns dieser zu hoch auszufallen.

Colin, der die Absonderung auch unregelmässig und einigermassen intermittirend fand (am stärksten entweder zu Ende des Wiederkauens oder während das Thier frass), erhielt von einer Kuh von mittlerer Grösse 273 Gramme in der Stunde. Das Pferd lieferte ziemlich eben so viel, das Schwein aber nur 12 bis 15 Gramme, im Verhältniss zu seinem Körpergewichte also viel weniger. Aus den permanenten Fisteln von Hunden, an denen *Ludwig* und *Weinmann*, so wie *Schmidt* und *Kröger* experimentirten, wurde eine weit grössere Flüssigkeitsmenge, diese aber sehr verdünnt erhalten. Die erstern gewannen 1,466 Gramme in der Stunde auf 1 Kilogramm Thier, so dass also darnach auf einen Menschen von 64 Kilogrammen Gewicht in 24 Stunden 2345,4 Gramme Bauchspeichel kommen würden. Die letztern fanden noch viel mehr und zwar um so mehr, je niedriger das absolute Gewicht des Hundes war. Auf ein Kilogramm Hund erhielten sie nämlich für die Stunde:

Absolutes Körpergewicht.	Pankreatischer Saft.	Feste Bestandtheile	
		procentisch.	absolut.
8 Kilogramme.	5,03 Gr.	1,16	0,106 Gr.
18 »	3,11 »	1,99	0,061 »
26 »	2,99 »	2,45	0,073 »

Diese Mengen sind als abnorme zu betrachten, welche durch die stattfindende Reizung bedingt waren. Aber auch diese Versuche haben es wiederum bestätigt, dass die Secretion während der Verdauung bedeutend gesteigert ist.

§ 98. **Nutzen des pankreatischen Saftes.**

Der Nutzen des pankreatischen Saftes, insoweit er bekannt ist, scheint ein doppelter zu sein.

Zuvörderst besitzt diese Flüssigkeit in hohem Maasse die Eigenschaft, Stärkemehl in Zucker umzuwandeln, eine Umsetzung, welche bei vielen Herbivoren und beim Menschen sich noch weit in den Darm hinab erstreckt.

Zweitens scheint der Bauchspeichel dazu beizutragen, das Fett in einen der Aufsaugung günstigen Zustand zu versetzen. *Bernard* hat behauptet, dass dieses Vermögen nur dem Bauchspeichel allein zukäme; wir haben aber gesehen, dass der Darmschleim und besonders die Galle dabei auch sehr betheiligt sind. Durch *Frerichs* und *Lenz* war der Nutzen des Bauchspeichels zur Fettverdauung bereits in den Hintergrund gedrängt worden und *Bidder* und *Schmidt* läugneten denselben ausdrücklich. Die Versuche an lebenden Thieren haben die Frage noch keineswegs entschieden. Indessen beweist die Absorption des Fettes (aus dem Fettgehalte der Epithelialzellen und aus dem weissen Chylus der Chylusgefässe zu entnehmen) beim Kaninchen oberhalb des Punktes, wo der *Ductus*

pancreaticus in den Darm sich öffnet (35 Centim. unterhalb des Magens), dass der Bauchspeichel nicht unerlässlich zur Fettaufsaugung ist.

Folgende Thatsachen stehen aber fest: 1) Schüttelt man flüssiges Fett mit Bauchspeichel, so bildet sich unmittelbar eine Emulsion, die vollkommener ist und sich länger erhält, als jene, die mittelst Galle oder Darmschleim entsteht. 2) Neutrale Fette werden durch Bauchspeichel rasch zersetzt, die Fettsäure wird frei, die alkalische Flüssigkeit bekommt eine saure Reaction und es zeigt sich weiterhin Buttersäure. Aus dem ersten Factum folgt so viel, dass der Bauchspeichel gewiss zur Fettabsorption beiträgt, wenn hierzu ein Emulsionszustand erforderlich ist. Die Bedeutung des zweiten Factums ist zweifelhafter: die Umwandlung von Fetten durch Bauchspeichel kommt nur erst bei alkalischer Reaction zu Stande, d. h. also erst in den untern Abschnitten des Darms. Hier wird dann auch allein verseiftes Fett absorbirt.

Zur Verdauung der Eiweisskörper scheint der Bauchspeichel nichts beizutragen. Dass er aber nur die Umwandlung von Stärkemehl in Zucker vermittle, dagegen streitet die vergleichend-anatomische Thatsache, dass gerade Carnivoren, die kein Stärkemehl geniessen, ein grösseres Pankreas besitzen. Daraus aber möchte die Bedeutung dieses Saftes für die Fettverdauung nur noch wahrscheinlicher werden.

Valentin scheint zuerst gefunden zu haben, dass der Bauchspeichel die Eigenschaft besitzt, Stärkemehl schnell in Zucker umzuwandeln, und alle späteren Untersuchungen haben dies bestätigt.

Schon *Eberle* (Phys. d. Verdauung S. 251) hat es hervorgehoben, dass Oel mit Bauchspeichel leicht eine Emulsion bildet, und er behauptet auch (S. 253), dass dem Bauchspeichel, nicht aber der Galle, das Vermögen zukomme, die Aufnahme des Fettes in den Chylus zu bewirken. Unbekannt mit *Eberle's* Untersuchungen hat *Bernard* durch viele Versuche diesen Nutzen des Bauchspeichels nachzuweisen gesucht. Zuvörderst hat er dargethan, und wir haben uns von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen können, dass zwei Theile frischer Bauchspeichel mit einem Theile Oel, Butter, Schöpsen- oder Schweinefett (beide letztere müssen nur erwärmt werden) geschüttelt eine vollkommene Emulsion bilden, ohne dass späterhin das Fett und der Bauchspeichel sich trennen. Mit Galle und Darmschleim lässt sich viel weniger Fett suspendiren: die Tröpfchen bleiben grösser und heben sich bald wieder nach oben. Dass diesen jedoch die emulsionirende Eigenschaft nicht ganz abgeht, was freilich auch schon früher bekannt war, darin müssen wir *Lenz* (a. a. O. S. 47) beistimmen. Aus den Resultaten von *Frerichs*, der in dieser Beziehung nur einen geringen Unterschied zu Gunsten des Bauchspeichels fand und dessen emulsionirende Eigenschaft kaum grösser erachtet, als jene der Galle, des Darmsaftes, des Blutserums und des Speichels, müssen wir schliessen, dass seine Versuche nicht mit normalem Bauchspeichel, so wie er wenigstens bei Hunden vorkommt, angestellt worden sind. — Bei einer Temperatur von 35 bis 38°, nach *Lassaigne* auch schon bei gewöhnlicher Temperatur, tritt alsbald eine Zersetzung des Fettes ein: die Flüssigkeit fängt an sauer zu reagiren, und ist der Bauchspeichel mit Butter gemengt, dann entwickelt sich, wie es

auch *Lenz* bestätigt fand, der Geruch nach Buttersäure. Dünnerer Bauchspeichel, wie er bei Reizung der Drüse abgeschieden wird, verliert die Eigenschaft, Fett in Emulsion zu bringen, mehr und mehr (*Bernard*, *Colin*).

Bernard giebt ferner an, das Fett bleibe im Magen unverändert, im Darme unterhalb des Ausführungsganges des Pankreas erscheine es aber emulsionsartig und die Lymphgefässe seien hier mit einem weissen, milchartigen Chylus gefüllt. Wurden beide Ausführungsgänge des Pankreas bei Hunden unterbunden, dann fand er unverändertes Fett im Darme und die Chylusgefässe waren nur mit einem klaren Chylus erfüllt. Bei Kaninchen endlich, wo sich der *Ductus pancreaticus* 35 Centim. unterhalb des *Ductus choledochus* in den Darm öffnet, will *Bernard* nach fetthaltigem Futter nur in jenen Chylusgefässen, welche unter der Einmündung des pankreatischen Ganges aus dem Darme entspringen, einen weissen fetthaltigen Chylus gefunden haben.

Diese Angaben konnten *Frerichs* und *Lenz* nicht bestätigen. *Frerichs* unterband den *Ductus pancreaticus* von Katzen und er fand, dass dessen ungeachtet die Chylusgefässe 4 bis 6 Stunden nach der letzten Fütterung mit einer weissen Flüssigkeit gefüllt waren, sobald keine stärkere Entzündung aufgetreten war. Er spritzte ferner Milch und Olivenöl oder auch letzteres allein in den geöffneten Darm junger Hunde und Katzen, nachdem er unterhalb der Gallen- und Bauchspeichelgänge eine Ligatur angelegt hatte, und auch dann sah er im Allgemeinen die Chylusgefässe mit einer weissen, also fetthaltigen Flüssigkeit sich füllen.

Gegen die Beweiskraft dieser Versuche könnte man einwenden, dass sich noch von früher her Bauchspeichel im Darmkanale befand. Entscheidender scheinen daher die Versuche von *Lenz* zu sein, bei denen *Bidder* das Operative übernahm. Bei Katzen, einmal auch bei einem Hunde, wurde der pankreatische Gang unterbunden und dann im Allgemeinen 1 bis 4 Tage zugewartet. Wenn hierauf geschmolzene Butter in den Magen gespritzt wurde, so fand sich in der Regel das Fett mehr oder weniger in einen emulsionsartigen Zustand übergegangen und die Chylusgefässe waren mit einer weissen fetthaltigen Flüssigkeit angefüllt. Indessen nur 9 Mal unter den 33 Fällen war die Fettabsorption nach der Unterbindung des *Ductus pancreaticus* deutlich. *Lenz* glaubt dies, so wie *Frerichs*, einer hinzugekommenen Entzündung zuschreiben zu müssen, und vermuthet, dass die negativen Resultate *Bernard's* darin ebenfalls ihren Grund haben.

Später hat *Lenz* durch eine Reihe mühsamer Versuche genau die Fettmenge zu bestimmen gesucht, welche bei Katzen unter normalen Umständen absorbirt wird (§ 94), um zu ermitteln, ob die innerhalb einer Stunde absorbirte Fettmenge auffallend differirt, wenn der Zutritt von Galle und von pankreatischem Safte behindert ist. Er befolgte dabei die Methode von *Frerichs*, und führte das Fett unmittelbar in den Darm ein, nachdem er bei Thieren, welche 36 Stunden gefastet hatten, unterhalb der Ausführungsgänge eine Ligatur angelegt hatte. Es stellte sich heraus, dass die Menge des absorbirten Fettes bei fast gänzlichem Abschluss von Galle und Bauchspeichel nicht besonders abweicht, und deshalb dürfe man die Absorption nicht von einer veränderten Emulsionirung abhängig erachten. Unseres Erachtens ist man aber bei diesen Versuchen von einer falschen Prämisse ausgegangen. Der Grund, warum nur eine bestimmte Fettmenge absorbirt wird, ist nicht sowohl darin zu suchen, dass nur wenig Fett zur Aufsaugung vorbereitet wird, als vielmehr darin, dass selbst das emulsionirte Fett nur schwer eindringt. Ohne Zweifel giebt es auch Grenzen für die Menge des Zuckers, des Eiweisses u. s. w., die in einer bestimmten Zeit aufgenommen werden kann. Nicht alles Fett, welches emulsionirt wurde, unterliegt deshalb der Absorption, und bei einer übermässigen Fettzufuhr kommt dasselbe zum Theil im fein vertheilten Zustande in den *Faeces* vor: dies schliesst aber nicht aus, dass die Emulsionirung eine nothwendige Bedingung der Absorption ist. Aus jenen Versuchen wird also nur so viel zu entnehmen sein, dass nur wenig Galle und Bauchspeichel dazu nöthig sind, um während ein Paar Stunden mit dem vorhandenen Darmsafte so viel Fett zur Absorption vorzubereiten, als von den Darmwänden aufgenommen werden

kann. Wie wenig auf diese Resultate gegeben werden kann, das ergiebt sich aus den bereits mitgetheilten Untersuchungen *Schellbach's* (§ 94). Durch dessen Versuche ist es dargethan, dass die Fettabsorption bedeutend abnimmt, wenn auch nur die Galle durch eine Fistel nach aussen abfliesst, während *Lenz* zu dem Resultate gekommen war, Galle und Bauchspeichel zusammen seien für die Fettabsorption ziemlich gleichgültig.

Bernard's Versuche an Kaninchen, welche derselbe gleich den früheren vor einer Commission der Franz. Akademie (*Magendie, Edwards* und *Dumas*) wiederholte (*l'Institut. Nr.* 791. 1849), konnte *Lenz*, der unter *Bidder* und *Schmidt* arbeitete, ebenfalls nicht bestätigen. Bei einem ersten Versuche, der 6 Stunden nach der Verabreichung von Fett stattfand, fanden sich oberhalb der Oeffnung des *Ductus pancreaticus* einzelne weisse Chylusgefässe, unterhalb jener aber viele, die stärker und mit einer weisseren Flüssigkeit gefüllt waren. Ein zweiter Versuch, 5 Stunden nach der Verabreichung von Fett, lieferte gleiche Resultate wie bei *Bernard*. Bei einem dritten Versuche, 4½ Stunden nach der ersten Verabreichung, die noch zweimal je nach 2 Stunden wiederholt worden war, hatte sich eine kleinere Anzahl von Chylusgefässen oberhalb des *Ductus* gefüllt, aber ebenfalls mit einer weissen Flüssigkeit. Ein vierter Versuch, 1½ Stunden nach der Verabreichung von Fett, zeigte ein Paar nicht sehr weisse Chylusgefässe oberhalb des *Ductus* und mehrere gleichgefärbte unterhalb desselben, während das Fett bis 14 Centim. unterhalb des *Ductus pancreaticus* hinab gestiegen, aber noch nicht absorbirt war. Gleiche Resultate, wie *Lenz*, erhielt auch *Lehmann*. *Lenz* findet es wahrscheinlich, dass bei *Bernard's* Versuchen das Fett schon zu weit im Darme vorgedrungen war, so dass der fetthaltige Chylus die obersten Chylusgefässe schon verlassen hatte.

Dieser Erklärung stellte *Bernard* die mündliche Mittheilung entgegen, dass bei seinen Versuchen jederzeit noch Fett im Magen und im Duodenum vorhanden war, und dass deshalb die weissen Gefässe, welche in einzelnen Fällen im Mesenterium oberhalb des *Ductus pancreaticus* gesehn wurden, auf Rechnung des Bauchspeichels kommen mussten, der vor der Verabreichung des Fettes schon abgesondert und in der Richtung nach dem Magen hin bewegt worden war. Dieser Erklärung *Bernard's* können wir aber nicht beistimmen. Wenn wir bei Kaninchen 7 bis 9 Stunden lang alle 2 Stunden etwas Fett in den Magen spritzten, dann fanden wir dieses vom Magen an bis zum Dickdarme hinab. Das Vorhandensein von Bauchspeichel oberhalb des Ausführungskanales kann hierbei gewiss nicht mehr angenommen werden, und gleichwohl kamen einzelne dünne, mit einer weissen Flüssigkeit gefüllte Chylusgefässe auch oberhalb des Ausführungsganges in mindestens 10 Versuchen beständig vor. Wir beobachteten überdies, dass auch im Duodenum das Fett in das Epithelium eingedrungen war, wenn auch manchmal nicht so stark, als unterhalb des *Ductus pancreaticus*. Daraus folgt, dass der Bauchspeichel keine unerlässliche Bedingung für die Fettabsorption ist. — Aehnliche Versuche, und zwar mit gleichem Erfolge sind auch von *Herbst* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3. S. 389) angestellt worden. Derselbe beweist zugleich, dass auch bei Kaninchen nach Unterbindung des *Ductus Wirsungianus* die Fettabsorption noch fortdauert.

Erwägen wir übrigens alles Mitgetheilte, sowohl die Versuche mit Bauchspeichel ausserhalb des Körpers als jene im lebenden Thiere, so wird es dessen ungeachtet sehr wahrscheinlich, dass der Bauchspeichel dazu beiträgt, die Fette zur Absorption geschickt zu machen. Er scheint uns aber auf doppelte Weise diese Fettabsorption zu befördern, durch Emulsionirung und durch Zersetzung. Die Zersetzung findet erst statt, wenn die saure Reaction im Darme aufgehört hat. Dass alle Säuren die Zersetzung der Fette durch Bauchspeichel behindern, das stellte sich bei den Versuchen heraus, welche *Lenz* ausserhalb des Körpers vornahm. Wo aber weiter abwärts im Darme alkalische Reaction an die Stelle der sauern tritt, da übt der Bauchspeichel wieder seine Wirkung: es tritt Zersetzung ein, und die Fettsäure kann sich nun mit den Alkalien der Galle zu Seife verbinden. *Frerichs* hat nachgewiesen, dass auch der Bauchspeichel gerade die Eigenschaft besitzt, die Umwandlung

der Galle in hohem Maasse zu befördern und die Alkalien der Galle frei zu machen, indem er Dyslysin aus der Gallensäure bildet. Diesen absorbirten Seifen verdankt vielleicht das Pfortaderblut seinen grossen Fettgehalt.

Viertes Kapitel.

Verdauung im Dickdarme.

§ 99. Schleimhaut und Schleim des Dickdarmes.

Die Schleimhaut des Dickdarmes unterscheidet sich von jener des Dünndarmes durch die Abwesenheit der Zotten; dieselben fehlen bereits auf der Dickdarmfläche der *Valvula Bauhini*. Uebrigens findet man in der ganzen Dickdarmschleimhaut Lieberkühnsche Drüsen (Fig. 77 *a*), die ganz wie jene des Dünndarmes gestaltet, nur etwas länger und breiter sind, entsprechend der grössern Dicke der Schleimhaut. Im Coecum sind sie $\frac{1}{4}$, im Rectum $\frac{1}{3}$ L. lang. Die Gefässe verhalten sich wie im Dünndarme. Der Verlauf der Lymphgefässe und Nerven in der Schleimhaut ist nicht näher bekannt. — Die Lieberkühnschen Drüsen sind eben so, wie jene des Dünndarmes, mit einem Cylinderepithelium bedeckt. Die Zellen sind länger, im Ganzen aber gleich schmal: sie haben einen mehr oder weniger körnigen Inhalt und eine Art Kern in der Nähe der *Membr. propria*, welche letztere durch Essigsäure und eben so durch Alkalien deutlich zum Vorschein kommt. Besonders in der Nähe der Drüsenöffnungen kommen zwischen den schmalen Epithelialzellen hin und wieder solche vor, die stark geschwollen und ellipsoidisch sind und einen helleren Inhalt haben. Die grossen Kerne liegen am Grunde der Zellen, und an deren freiem Ende ist ein Anhang sichtbar (Fig. 77. *b*), — der Theil der

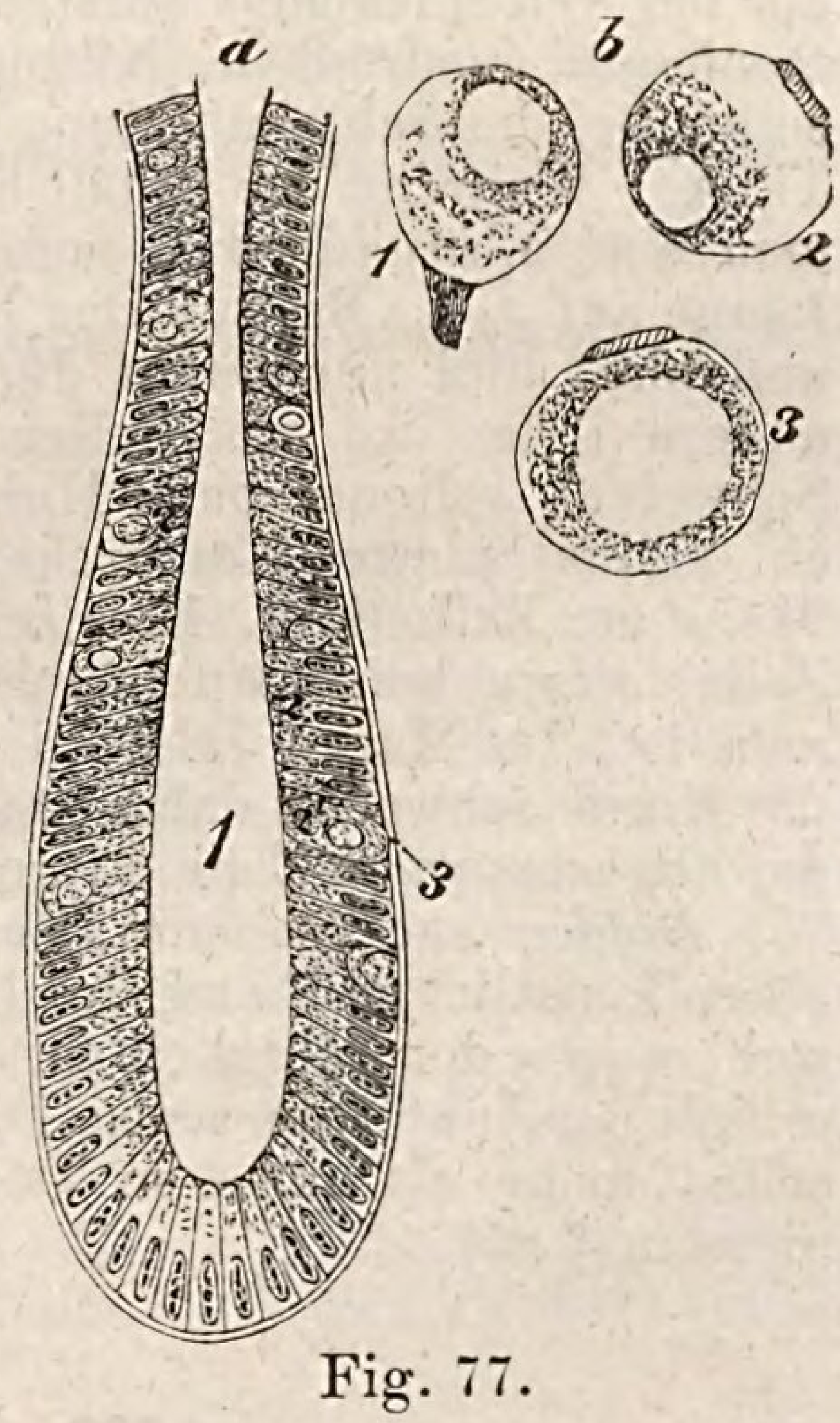


Fig. 77.

Fig. 77. Lieberkühnsche Drüsen aus dem Dickdarme. *a* Einzelne Drüse des Hundes bei 100maliger Vergrösserung. 1 Höhle. 2 Epithelium. 2′ Durch Mucinemetamorphose geschwollene Epithelialzelle. 3 *Membrana propria*. — *b* Grosse Epithelialzellen bei 500maliger Vergrösserung. 1 Aus dem Colon des Hundes. 2 Aus dem Colon der Katze, mit kleinem Kerne. 3 Aus dem Colon der Katze, mit grossem Kerne.

Zelle oberhalb des Kernes. Aehnliche Zellen trifft man manchmal in grosser Menge in dem freien Schleime an der Oberfläche, woraus deutlich ersichtlich ist, dass sie von Zeit zu Zeit abgestossen werden, wozu wahrscheinlich die Muskelschicht der Schleimhaut beiträgt, die beim Menschen hier ebenfalls deutlich vorhanden ist.

Der abgesonderte Schleim stimmt übrigens mit jenem des Dünndarmes (§ 87) überein. Es ist klar, dass er nicht blos aus den Epithelialzellen der Drüschen ausschwitzt, sondern dass auch zwischendurch Zellen sich abstossen, die dann bersten und ihren schleimigen Inhalt entleeren. Es wird aber nicht viel Schleim secernirt.

Die Lieberkühnschen Drüsen des Dickdarmes fanden wir, gleich jenen des Dünndarmes, fast unmittelbar aneinander stossend, beim Menschen sowohl als bei verschiedenen Thieren. Bei Thieren kann man den Inhalt im Zusammenhange ausdrücken. Nirgends lässt sich die Metamorphose der Epithelialzellen bei der Schleimbildung so leicht verfolgen, als im Dickdarme der meisten Thiere. Während der Inhalt heller wird, schwellen die Zellen auf und bekommen eine ellipsoidische, manchmal fast sphärische Gestalt. Sie haben $\frac{1}{50}$ L. Länge auf $\frac{1}{70}$ L. Breite. Der Kern liegt an einem der Pole, ist meistens klein und platt und nur selten durch Mucinemetamorphose stark ausgedehnt. Am andern Pole, wo die Zellen späterhin bersten, was man besonders beim Schweine, seltener beim Hunde und bei der Katze wahrnimmt, befindet sich ein kleines plattes Körperchen, das als eine Art Deckel auf der freien Oberfläche der Zelle liegt. Hier zeigt sich bisweilen auch wohl ein Anhängsel der Zelle, worin keine Mucinemetamorphose des Zelleninhalts zu Stande gekommen ist. Im Magen erleiden die Epithelialzellen eine ähnliche Umänderung; die Kerne schwellen dabei stark auf, bersten und werden an der freien Seite der abgestossenen Zelle ausgetrieben. (Vgl. Fig. 68.)

Bidder und *Schmidt* (Verdauungssäfte S. 270) und *Zander* konnten aus einer künstlichen Fistel des Dickdarms keinen Schleim sammeln, zum Theil wohl wegen der Zähigkeit dieses Schleimes. *Frerichs* dagegen (a. a. O. S. 851) erhielt aus unterbundenen Dickdarmstücken eine ziemliche Menge Schleim, selbst mehr als aus dem Dünndarme. S. über den Darmschleim im Allgemeinen (§ 87).

§ 100. Verdauung im Dickdarme.

Früherhin nahm man an, im Coecum werde eine saure Flüssigkeit abgesondert, der man eine ähnliche Wirkung wie dem Magensafte zuschrieb. Es ist aber bewiesen, dass der hier abgesonderte Schleim alkalisch reagirt, wie im Dünndarme, und dass die saure Reaction, welche nicht selten auch noch weiter unten im Dickdarme vorkommt, von einer Säureentwickelung aus dem Inhalte herrührt. Die saure Reaction wird deshalb auch nur in dem Falle beobachtet, wenn Vegetabilien genossen wurden.

Die dicken Gedärme haben mit der eigentlichen Verdauung sehr wenig zu thun. Der Darmschleim hat zwar auch hier noch

die Eigenschaft, Proteinverbindungen zu lösen; meistens jedoch sind diese schon verschwunden und absorbirt, bevor noch die Substanzen in den Dickdarm kommen. Zur Verdauung von Stärkemehl trägt der Dickdarm etwas mehr bei. Wird solches im ungekochten Zustande genossen, so gelangt es zum Theil unverändert bis zum Dickdarme, wo es noch in Zucker umgesetzt werden kann. Die fernere Umsetzung in Milchsäure und Buttersäure ist Schuld daran, dass diese Säuren nach vegetabilischer Nahrung immer im Dickdarme gefunden werden. Ohne Zweifel werden diese Substanzen hier noch absorbirt, und dies geschieht ebenso mit der kleinen Menge Fett, welche etwa bis hierher gelangte und verseift wurde.

Schon im Coecum wird der Darminhalt fester und er nimmt eine dunkelbraune Farbe an, dabei erleidet der Gallenfarbstoff nicht mehr die charakteristischen Farbenveränderungen durch Salpetersäure, und es tritt der specifische Kothgeruch auf. Je tiefer der Darminhalt herabsteigt, um so mehr bekommt er die Eigenschaften des Kothes. Harte Massen finden sich nicht selten in den Zellen des Dickdarmes, wo sie manchmal lange Zeit hindurch sitzen bleiben.

Der Dünndarmschleim besitzt das Vermögen, Stärkemehl in Zucker umzuwandeln, er trägt ferner zur feinen Vertheilung des Fettes bei, und nach *Zander* (*Bidder* und *Schmidt*) kann er auch die festen Proteinverbindungen auflösen. Da nun der Dickdarmschleim nicht wesentlich von ihm verschieden ist, so darf auch ihm die letztgenannte Wirkung zugeschrieben werden, wenn sie auch noch nicht experimentell nachgewiesen ist. Die Beobachtungen *Steinhauser's*, von denen weiterhin (§ 104) die Rede sein wird, scheinen auch wirklich dafür zu sprechen. Da aber die Menge des Darmschleims unbedeutend ist und die Absorption hier nicht lebhaft von Statten geht, so kann es nicht auffallen, dass die Zuführung von Nahrungssubstanzen durch Klystiere den Erwartungen nur wenig entsprochen hat.

Einen besondern Nutzen des Coecum mit seinem eigenthümlichen *Processus vermiformis* kennt man noch nicht. Die Drüsen und deren Product verhalten sich hier so, wie anderwärts.

§ 101. Koth.

Die *Faeces* haben im normalen Zustande eine mehr oder weniger feste Consistenz, eine braune Färbung, die durch verdünnte Salpetersäure in Roth übergeht, einen widerlichen Geruch, und meistens zeigen sie eine saure, nicht selten aber auch eine neutrale oder alkalische Reaction. Leicht kann man sich davon überzeugen, dass sie zum Theil aus ungelösten Residuen der Nahrungssubstanzen, zum Theil aus unveränderten Bestandtheilen der Verdauungsflüssigkeiten bestehen. Nach Aufnahme von Pflanzenkost erkennt

man mittelst des Mikroskops Spiralfasern, Epidermis, Zellen mit Chlorophyll, manchmal selbst Amylum, zumal in Zellmembranen eingeschlossen, da diese, wenn sie älter sind, sich nicht lösen. Bei animalischer Kost bleiben oftmals ungelöste Stücke übrig, bei Fleischkost z. B. constant gelbgefärbte Muskelprimitivbündel, aus denen jedoch die meisten Bestandtheile ausgezogen sind, — manchmal auch Fasergewebe, elastische Fasern, harte Eiweissstückchen u. s. w. Ferner kommen als morphologische Bestandtheile hin und wieder Cholesterinkrystalle vor; desgleichen bei neutraler oder alkalischer Reaction Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia und Epithelialzellen, die fast alle zerfallen und kaum erkennbar sind. Schleim fehlt niemals. Von den Gallenbestandtheilen ist der Farbstoff, wenn auch verändert, übriggeblieben, nebst ein Paar Zersetzungsproducten; — im Allgemeinen nur Dyslysin, bei schnellem Durchgange der Massen aber auch weniger vollkommen umgesetzte Gallenbestandtheile.

Der eigenthümliche Kothgeruch stimmt nach *Valentin* zumeist mit jenem zersetzer Galle überein und soll davon herrühren. *Liebig* fand den Geruch, welcher sich beim Verbrennen eiweissartiger Körper mit Kali entwickelt, dem Kothgeruche ähnlich. Bei Gelbsucht, wenn der Eintritt der Galle in den Darm behindert ist, wird ein graulicher, harter Koth entleert, der oftmals einen stark fauligen Geruch verbreitet, doch nicht den eigentlichen Kothgeruch.

Im Mittel werden täglich 131 Grammen Koth entleert, worin 25 pCt. feste Substanzen enthalten sind. Die Letztern geben $\frac{1}{7}$ Asche, zum grössern Theile aus unlöslichen, zu einem kleinen Theile aus löslichen Salzen bestehend; darunter nur Spuren von Chlor und von Schwefelsäure. Verhältnissmässig kommt viel Magnesia (als *Magnesia phosphorica*) und Kieselsäure darin vor.

Die Zusammensetzung der *Faeces* variirt hauptsächlich je nach der Art der gebrauchten Nahrung und nach der mehr oder weniger raschen Entfernung. Bei gemischter Nahrung sind sie dunkel gelbbraun, bei Fleischkost dunkler, bei Milchdiät oder vielem Fettgehalte gelb. Je schneller sie abgehen und je häufiger sie entleert werden, desto grösser ist nach *Wehsarg* ihre Menge (Minimum = 67,2 Gr., Maximum = 306 Gr.), desto geringer ist aber auch ihr Gehalt an festen Stoffen, obwohl deren absolute Menge zunimmt (Min. = 17,4 und Max. = 31,7). Bei längerer Zurückhaltung werden sie fester und sie enthalten dann von den Gallenbestandtheilen wohl kaum etwas anderes, als den Farbstoff und eine geringe Menge Dyslysin. In 27 Fällen fand *Wehsarg* (Mikroskop. und chem. Untersuchungen gesunder Menschen. Giessen 1853 und *Scherer's* Mittheilung in *Canstatt's* Jahresb. f. 1853. Bd. I. S. 121) nur zweimal die gewöhnliche Farbenmetamorphose des Gallenfarbstoffs durch Salpetersäure und nur einmal Gallenbestandtheile mittelst der Pettenkoferschen Probe.

Schon im J. 1804 analysirte *Berzelius* die menschlichen *Faeces;* fernere Untersuchungen liessen aber lange auf sich warten. *Berzelius* fand:

Wasser			75,3
In Wasser lösliche Substanzen	Gallenbestandtheile	0,9	5,7
	Eiweiss	0,9	
	Eigenth. Extractivstoff	2,7	
	Salze	1,2	
Unlösliche Residuen aus der Nahrung			7,0
Unlösliche Residuen der Verdauungsflüssigkeiten u. s. w.			14,0
			102,0.

Beim Verbrennen erhielt er 15 pCt. Asche, die zum grössern Theile, wie schon aus dem Vorstehenden erhellt, sich nicht löst. — Die Salze wurden von *Berzelius* (*Traité de Chimie. Bruxelles. T.* 3. *p.* 641) und von *Enderlin* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 59. S. 335) besonders untersucht; 100 Theile enthielten:

	Berzelius.	*Enderlin.*
Phosphorsaurer Kalk	75,76	80,372
» Magnesia		
Schwefelsaurer Kalk		4,530
Kohlensaures Natron	6,04	1,367
Chlornatron		
Schwefelsaures Natron	6,04	
» Kali		
Phosphorsaures Natron		2,633
Kieselsäure	12,16	7,940
Phosphorsaures Eisenoxyd	Spuren	2,090
	100,00	98,932.

Neuerdings haben *Wehsarg* (a. a. O.) unter *J. Vogel's* Leitung und *W. Marcet* (*Erdmann's* Journ. Bd. 63. S. 382) die *Faeces* untersucht. *Wehsarg* bestimmte ausser dem wässrigen Auszuge auch den ätherischen und den Alkoholauszug. Der Aetherauszug enthält grösstentheils Fett, seine Menge hängt deshalb vom Fettgehalte der Nahrung ab. Die getrockneten *Faeces* gaben im Mittel 15,6 pCt. alkoholisches Extract und 20,9 pCt. wässriges Extract. In den 30 Grammen fester Substanzen, welche täglich mit den *Faeces* entleert werden, sind 0,81 — 8,2 Gramme (im Mittel 3,4 Gr.) unverdaute Speisereste enthalten. Fleisch und Fett wurden 48 Stunden nach der Aufnahme in grösster Menge entleert; Traubenkerne gingen nach 3—4 Tagen, Beeren nach 68 Stunden ab. *Marcet* hat die Excremente verschiedener Thiere vergleichend untersucht. Beim Menschen und bei den Fleischfressern will er eine eigenthümliche, alkalisch reagirende, in Alkohol nur wenig, in Aether aber leicht lösliche Substanz gefunden haben, die er Excretin nennt; ausserdem eine bei 25 — 26° schmelzbare Fettsäure, die Excretinsäure.

Elementaranalysen haben wir von *Barral* (*Ann. de Chimie et de Physique* 1849. *T.* 25). Bei fünf Individuen bestimmte er die Menge und die Zusammensetzung der Nahrung sowohl als der verschiedenen ausgeleerten Substanzen. Beiderlei Resultate haben wir in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Nahrungsmittel:		*Faeces:*							
	Wasser.	Feste Bestandth.	Wasser.	Feste Bestandth.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze.	Chlor.
Mann v. 29. J.; Winter	1998,6	756,3	106,3	35,3	15,3	2,4	8,9	2,8	5,89	0,06
Derselbe; Sommer .	1842,4	543,0	54,4	20,0	8,9	1,3	5,6	1,3	3,52	0,02
Kind von 6 Jahren. .	1069,1	327,1	62,4	22,0	9,7	1,5	5,7	1,8	2,80	0,02
Mann von 59 Jahren	2002,0	708,7	143,0	33,0	13,6	2,1	8,1	2,5	6,47	0,08
Frau von 32 Jahren .	1737,4	602,2	26,0	9,2	4,2	0,6	2,0	0,8	1,25	0,03
	8649,5	2937,3	392,1	119,5	51,7	7,9	30,3	9,2	19,93	0,21

Man ersieht hieraus, dass nur eine geringe Menge der aufgenommenen Substanzen mit den *Faeces* weggeht, dass diese im Mittel 23,3 pCt. feste Bestandtheile enthalten, und dass deren Asche 16,6 pCt. beträgt.

In der folgenden Tabelle geben wir die mittlere Elementarzusammensetzung der menschlichen *Faeces* nach *Barral*, verglichen mit jener, welche *Macaire* und *Marcet* (*Mémoires de la Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève.* 1832. *T.* 5. *p.* 230) für den Hund und für das Pferd gefunden haben:

	Feste Bestandtheile der *Faeces*:				
	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Mensch	43,4	6,6	7,7	25,4	16,9
Hund	41,9	5,9	4,2	28,0	20,0
Pferd	38,6	6,5	0,8	29,0	25,0

§ 102. Gase des Verdauungskanales.

Im ganzen Verdauungskanale kommt eine gewisse Menge von Gasen vor; dieselben sind aber bis jetzt nur wenig untersucht. Immer werden die Resultate von *Magendie* und *Chevreul* angeführt, die bei drei hingerichteten Missethätern die Gase in den verschiedenen Abschnitten des Darmkanals analysirten. Im Magen fanden sie sehr viel Stickstoffgas, daneben Sauerstoff, viel Kohlensäure und eine geringe Menge Wasserstoff. Im Dünndarme war der Sauerstoff ganz verschwunden, der Stickstoffgehalt hatte abgenommen, die Kohlensäure und das Wasserstoffgas dagegen hatten bedeutend zugenommen. Der Dickdarm enthielt im Allgemeinen die grösste Gasmenge, grösstentheils aus Kohlensäure und Stickstoffgas bestehend, und daneben auch Kohlenwasserstoff. Andere fanden auch noch geringe Mengen Wasserstoffgas, Schwefelwasserstoffgas und Sauerstoffgas darin. Im Magen mancher Hausthiere entwickelt sich auch Kohlenoxydgas.

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, dass die Gase im Magen grösstentheils aus verschluckter atmosphärischer Luft bestehn, wobei aber die Kohlensäure auf Kosten des Sauerstoffgases vermehrt ist. Das Wasserstoffgas, welches im Dünndarme auftritt, rührt von einer Umsetzung der Milchsäure in Buttersäure her, wobei Wasserstoff und zugleich auch Kohlensäure frei werden (§ 105). Aus der weitern Zersetzung im Dickdarme erklärt sich eben so wohl die Zunahme der Gasmenge, die im Allgemeinen hier stattfindet, als das Auftreten des Schwefelwasserstoffs und des Kohlenwasserstoffs. Diesen Schwefelwasserstoff darf man nicht blos aus dem Schwefel der organischen Substanzen ableiten, sondern er kann auch eben so gut durch Desoxydation schwefelsaurer Salze entstehen.

Man darf aber nicht vergessen, dass die verschluckten oder im Darmkanale entwickelten Gase nothwendig in fortdauernder Wechselwirkung mit den Gasen des Blutes stehen. Dem ist es zuzuschreiben, dass der Sauerstoff bereits im Magen durch Kohlensäure ersetzt wird. Die Verminderung des Stickstoffgehaltes in den tieferen Darmpartieen rührt vielleicht nur von einer Vermehrung der übrigen Gase her. Es ist auch schwer zu entscheiden, in wie weit sich die Gase in dem Darmkanale fortbewegen. So viel steht fest, dass bei vielen Menschen nur unbedeutende Gasmengen durch den After abgehen, so dass also die im Darmkanal entwickelten Gase ins Blut treten müssen, aus dem sie durch die Lungen und durch die Haut ausgeschieden werden.

Daraus, dass die Qualität der Nahrungsmittel auf die Menge der entwickelten Gase Einfluss übt, ist klar zu entnehmen, dass vorzüglich eine Zersetzung oder Gährung ihrer Bildung zu Grunde liegt. In andern Fällen scheinen aber viele Gase im Darmkanale selbst abgesondert zu werden. Für die Möglichkeit dieser Absonderung spricht besonders ein Versuch von *Magendie* und *Girardin*, den auch *Frerichs* mit Erfolg wiederholt hat. Als nämlich eine zuvor entleerte Darmschlinge an beiden Enden unterbunden und wieder ins lebende Thier zurückgebracht wurde, so war dieselbe alsbald mit Luft angefüllt. Eine Analyse dieser Luft würde von Wichtigkeit gewesen sein.

Die Resultate, welche *Magendie* und *Chevreul* (*Magendie's* Phys. übers. von *Heusinger*) bei drei hingerichteten Missethätern erhielten, vereinigen wir in folgender Tabelle:

		Kohlensäure.	Sauerst.	Stickst.	Wasserst.	Kohlenwasserst.
Magen		14,00	11,00	71,45	3,55	
Dünndarm	Nr. 1.	24,39	—	20,08	55,53	
»	Nr. 2.	40,00	—	8,85	51,15	
»	Nr. 3.	25,00	—	66,60	8,40	
Coecum	Nr. 3.	12,50	—	67,50	7,50	12,50
Dickdarm	Nr. 1.	43,50	—	51,03	—	5,47
»	Nr. 2.	70,00	—	18,40	11,60	
Rectum	Nr. 3.	42,86	—	45,96	—	11,18

In der durch den After austretenden Luft fand *Marchand* Kohlensäure und Stickstoff, ungefähr gleiche Mengen Wasserstoff und Kohlenwasserstoff und ausserdem 1 pCt. Schwefelwasserstoff. Weniger wichtig sind die Untersuchungen von *Chevillot* (*Journ. de Chim. méd.* 1. *Série. T.* 5. *p.* 596), weil sie nur Gase aus Leichen betreffen.

Unzweifelhaft wird mit den Nahrungsmitteln zugleich Luft verschluckt. Nach hastigem Essen oder Trinken erfolgen nicht selten fast unmittelbar einzelne Ructus, die weder Geruch noch Geschmack besitzen. Zugleich mit den Mundhöhlenflüssigkeiten wird auch immer eine kleine Menge Luft in den Magen kommen, und eben so schliessen viele feste Nahrungsmittel Luft ein. — Beim Einnehmen von Metallen darf man eine Wasserstoffentwickelung durch die

Säuren des Magensaftes erwarten. Das Wasserstoffgas muss aber ohne Zweifel grösstentheils vom Entstehen der Buttersäure abgeleitet werden, wobei sich nach der Beobachtung von *Pélouze* und von Anderen Wasserstoff entwickelt. Im Magen kommt daher auch nur wenig Wasserstoffgas vor und in manchen Fällen fehlt es vielleicht dort ganz. — Schon im Magen bilden sich mit den Metallen manchmal Schwefelmetalle, und deshalb kommt ein Aufstossen von Schwefelwasserstoff beim Eisengebrauche nicht selten vor. In den schwarzen Flecken im Magen Cholerakranker erkannte *Schmidt* (*Nederl. Lancet IV.* 758) Schwefelwismuth, welches sich im Magen aus dem verabreichten salpetersauern Wismuthe gebildet hatte. Es bedarf keines Beweises, dass die Verabreichung von Schwefel und von Schwefelpräparaten die Entwickelung des Schwefelwasserstoffs an verschiedenen Stellen befördert. Dass schwefelsaure Salze sich in Schwefelverbindungen umwandeln können, aus denen durch Zersetzung Schwefelwasserstoff frei werden kann, das hat bereits *Mulder* in seiner Schrift über das Wasser von Amsterdam nachgewiesen.

Bekannt ist es, dass viele Nahrungsmittel, die leicht in weingeistige und saure Gährung übergehen, eine reichliche Entwickelung von Luft, namentlich von Kohlensäure bedingen: dahin gehören Gebäck, frisches Brod, verschiedene Früchte, Most, unvollkommen gegohrnes Bier und ähnliche Substanzen. Beim Rindvieh und bei Schaafen tritt nach dem Genusse grünen, feuchten Futters, welches durch die Wärme in beginnende Gährung übergeht, nicht selten eine Erstickung drohende Luftentwickelung (Kohlensäure und Kohlenoxydgas nach *Pfluger*) auf. Bei gesunden Thieren kommen diese Gasarten nach den Untersuchungen *van Setten's* (*Numan's veeartsenykundig magazyn.* 1829. *T.* 2. *p.* 257 u. 611) auch schon ungefähr zu gleichen Theilen im Magen vor. Die Kohlensäure entsteht gewiss nicht blos durch Austausch aus den Gasen des Blutes; sie kann eben so gut durch Gährung und durch Zersetzung kohlensaurer Salze sich entwickeln. Kohlenoxydgas hat man beim Menschen noch nicht gefunden.

Zweierlei steht der genauen Erkenntniss des Ursprungs der Gase im Wege: einmal nämlich der Austausch mit den Gasen des Blutes, der nach physikalischen Gesetzen eintreten muss, und wodurch die local entstandenen Gase theilweise durch andere ersetzt werden; zweitens aber auch der Umstand, dass man nicht zu bestimmen im Stande ist, in wie weit die Gase im Darme fortbewegt werden.

Fünftes Kapitel.

Verdauung der wichtigern Nahrungsmittel.

Frerichs, Art. Verdauung in *Wagner's* Handwörterbuche.
Moleschott, Physiologie der Nahrungsmittel. Darmstadt 1850.
Moleschott, Physiologie des Stoffwechsels. 1851.
Donders, die Nahrungsmittel. Deutsch von *Dr. Bergrath*. 1853.

103. Darminhalt an verschiedenen Punkten.

Nachdem wir die verschiedenen Verdauungsflüssigkeiten und deren Einfluss auf die Bestandtheile der Nahrungsmittel betrachtet haben, müssen wir noch einen Blick auf ihre vereinigte Wirkung werfen. Wir gehen dabei von den Bestandtheilen der Nahrungsmittel aus und verfolgen diese durch das Verdauungsrohr bis

dahin, wo sie absorbirt werden. So erhalten wir zugleich eine Uebersicht vom Inhalte der verschiedenen Abschnitte des Darmkanals.

Eine Untersuchung des Darminhalts mit Bezug auf die genossenen Nahrungsmittel hat ihre grossen Schwierigkeiten. Zuvörderst werden die auflöslichen Substanzen, die als solche eingeführt wurden oder sich aus unlöslichen bildeten, rasch absorbirt, und deshalb werden oftmals von Bestandtheilen, die in grosser Menge gebraucht oder gebildet worden sind, nur Spuren angetroffen. Sodann haben wir es mit einem sehr zusammengesetzten Gemenge zu thun, worin eben so wohl die vielartigen Bestandtheile der Nahrungsmittel als jene der Verdauungsflüssigkeiten vereinigt vorkommen. Manche davon unterliegen nun auch noch einer fortdauernden Zersetzung und dies hat zur Folge, dass eine Trennung der verschiedenen Bestandtheile sehr schwierig ist.

Was die Reactionen in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungsapparates betrifft, so kommt in der Mundhöhle in Folge der Speicheleinwirkung eine alkalische Reaction vor, und im Magen ist sie bei Anwesenheit von Nahrungssubstanzen stets sauer, was von dem sauern Magensafte, manchmal aber auch von den mit der Nahrung eingeführten Säuren oder von sich bildender Milchsäure herrührt. Der alkalische Bauchspeichel und die zuerst neutrale Galle sind nicht im Stande, den sauern Chymus ganz zu sättigen. Dies erfolgt aber allmählig unter Beihülfe des Darmschleims und vielleicht noch mehr durch Absorption der Säure: im untern Theile des Dünndarmes kommt statt der sauern Reaction eine neutrale oder alkalische vor. Durch den Uebergang der Gallensäure in Dyslysin werden auch Alkalien frei, was zur Neutralisirung der Säuren beiträgt, während umgekehrt die Säure wieder zum Auftritte kommt, indem sich Milchsäure aus Traubenzucker bildet. Diese letztere Umwandlung findet besonders im Coecum pflanzenfressender Thiere statt, wo sich neben der Milchsäure auch Buttersäure bildet. So kommt hier nicht selten wieder eine saure Reaction vor, die man mit Unrecht einer sauern Secretion daselbst zugeschrieben hat. Oefters nämlich findet man an den Wandungen des Darmes alkalische Reaction und nur die darin enthaltenen Stoffe mehr nach der Mitte zu reagiren sauer (*Frerichs*). — Der Bau der hier vorhandenen Drüschen stimmt mit jenem der Dünndarmdrüschen überein, und so liefern sie auch ein alkalisches Secretum. Bei vegetabilischer Kost ist aber auch selbst im untersten Theile des Dickdarms nicht selten noch eine sauere Reaction anzutreffen, die von

einer Säurebildung aus dem Inhalte herrührt, und die entleerten *Faeces* reagiren dann auch sauer. Diese Säurebildung beobachteten *Bidder* und *Schmidt* in besonders hohem Grade, wenn der Zutritt der Galle behindert war.

§ 104. Verdauung der eiweisshaltigen und leimgebenden Substanzen.

Die eiweisshaltigen und die leimgebenden Substanzen, auf welche der Speichel nur wenig einwirkt, werden im Magen unter Beihülfe des Magensaftes zum Theil aufgelöst und bilden, mit diesem verbunden, die Peptone. Nach *Frerichs* sollen sie auch schon grossentheils im Magen absorbirt werden. Milch beginnt im Magen zunächst zu gerinnen; der geronnene Käsestoff wird als Pepton aufgelöst, und allmählig überwiegt nun das Fett im Magen, was *Frerichs* als einen Beweis ansieht, dass das Caseinpepton aufgesaugt wurde. Die Auflösung der eiweissartigen Körper im Magen ist aber bei weitem keine vollkommene, und eben so wenig die Aufsaugung des Gelösten, und wenn man annehmen darf, dass bei der mit einer Magenfistel behafteten Frau (s. § 80) der Magensaft seine Wirkung auf die in Tüll eingeführten Substanzen gehörig äussern konnte, so muss man daraus schliessen, dass bei weitem der grösste Theil der Eiweisskörper unaufgelöst in den Dünndarm übertritt. Hier setzt der Magensaft seine auflösende Wirkung fort. Durch die Galle wird aber die Wirkung des Magensaftes gestört und deshalb ist es um so weniger auffallend, dass nicht selten Proteinverbindungen bis zum Dickdarme hinab angetroffen werden. Dies gilt besonders von Fleischstückchen, von Partikeln hart geronnenen Eiweisses, von unlöslichem in Cellulosewandungen eingeschlossenem Pflanzeneiweisse u. s. w. Ohne Zweifel können diese Substanzen, wenn die Reaction eine alkalische ist, unter dem Einflusse des Darmschleims noch einigermassen aufgelöst werden, wobei der Schwefel in der Form des Schwefelwasserstoffs abgeschieden werden kann. Bleibt die Auflösung eine unvollkommene, dann werden die gegenannten Substanzen mit den *Faeces* ausgeschieden. — Ueberwiegt die Säurebildung im Inhalte des Dickdarmes, dann ist wenig mehr für die noch ungelöst gebliebenen Proteinverbindungen zu erwarten, die wohl keine andern sein werden, als coagulirtes Eiweiss, geronnener Käsestoff und unlösliches Pflanzeneiweiss.

Die Aufsaugung des grössten Theils der Peptone im Magen von Hunden scheint keinem Zweifel unterworfen zu sein: ein Paar Stunden nach reichlicher Fütterung mit Proteinverbindungen findet man davon nur noch wenig im

Magen und Darmkanale. Beim Menschen scheint sich die Sache aber anders zu verhalten. Der menschliche Magensaft wirkt bei weitem nicht so kräftig auf Eiweisssubstanzen als jener des Hundes, und während innerhalb vier Stunden die Speisen aus dem menschlichen Magen schon so ziemlich verschwunden sind, scheint von den meisten Eiweisskörpern innerhalb dieses Zeitraums nur noch wenig aufgelöst worden zu sein (vgl. § 79). — Flüssiges Eiweiss wird nicht coagulirt, wie es *Prout* behauptete; höchst wahrscheinlich wird es aber doch auch, wie bei fortgesetzter künstlicher Verdauung, in Pepton umgewandelt, bevor seine Aufsaugung erfolgt. Fleischstückchen, selbst wenn sie fein gekaut sind, hart geronnenes Eiweiss, Sehnen und Häute, elastische Fasern, Knorpel, coagulirtes Pflanzeneiweiss, welches in Pflanzenzellen eingeschlossen ist, gehen in den Darm über, indem sie nur zum Theil durch den Magensaft aufgelöst und ausgezogen werden. Dass selbst in den tieferen Theilen des Darmkanals, wo sich alkalische Reaction findet, die Auflösung nicht ganz fehlt, das ergiebt sich aus *Zander's* Versuchen (§ 88) über die auflösende Kraft des Darmsaftes. *Steinhauser* (*Experimenta nonnulla de sensibilitate et functione intestini crassi.* 1848. *p.* 18) führte bei einer Frau mit einer Fistelöffnung am *Colon adscendens* Stückchen geronnenes Eiweiss und Eidotter ein, und nur vom letztern fand er manchmal noch Spuren im Kothe. Mit Recht hebt *Mulder* (Phys. Chemie. S. 1042) hervor, dass Schwefel und Phosphor den Proteinverbindungen hier durch das Alkali entzogen werden könne. Da man aber weiss, dass ein Theil der Proteinverbindungen schon im Magen aufgesaugt wird und dass diese Substanzen nicht durch Galle aus den Peptonen präcipitirt werden, so braucht man dem Dickdarme keine so grosse Bedeutung für die Auflösung der Proteinverbindungen beizulegen, als dies *Mulder* gethan hat.

Wie erwähnt, kann ein Theil der Proteinverbindungen und leimgebenden Substanzen mit den *Faeces* ausgeführt werden. Fleisch wird niemals vollständig aufgelöst; immer findet man mikroskopisch erkennbare Partikeln von Primitivbündeln, manchmal auch ganze Bündel in den *Faeces.* Doch hat man diese Residuen durchaus nicht mehr als Proteinverbindungen anzusehen. Knorpelstückchen und Fasergewebe, wenn sie nicht sehr fein zertheilt waren, findet man im Kothe immer wieder. Zumeist aber geht, beim Menschen wenigstens, das unlösliche Pflanzeneiweiss unbenutzt mit dem Kothe ab, wenn es in unlösliche Cellulosewandungen eingeschlossen ist, z. B. in der von *Donders* entdeckten proteinreichen Schicht der Kleie.

§ 105. Verdauung der Kohlenstoffhydrate.

Unter den Kohlenstoffhydraten unserer Nahrung stehen Stärkemehl, Zucker und Pflanzencellulose oben an. Der Traubenzucker wird als solcher im Magen aufgesaugt und deshalb kommt er, auch wenn viel genossen wird, im Allgemeinen nicht im Dünndarme vor. Das Nämliche ist mit dem Milchzucker der Fall. Rohrzucker wird dagegen vielleicht erst in Traubenzucker umgewandelt unter Mitwirkung des sauern Magensaftes. Stärkemehl wird im Magen schon zum Theil in Dextrin und Traubenzucker umgewandelt und zwar durch den Speichel, dessen Wirksamkeit durch den sauern Magensaft nicht leicht beinträchtigt wird. Der etwa gebildete Zucker und vielleicht auch schon Dextrin können im Magen aufgesaugt werden; aber fast immer und zuverlässig dann, wenn das Stärkemehl nicht vorher durch hohe Temperatur in Kleister umgewandelt wurde,

geht ein Theil in den Darm über und wird hier weiterhin unter Mitwirkung des Bauchspeichels in Zucker umgewandelt. Bis tief in die dünnen Gedärme hinab fanden wir bei einem Ertrunkenen noch Stärkemehl in den kleinen gallertartigen Körnchen von gekochter Grütze, die ungefähr 4 Stunden vorher verzehrt worden war. Der Zucker, welcher im Darme vorkommt, stammt von Stärkemehl, denn der unmittelbar aufgenommene Zucker wird schon früher absorbirt. Bei den meisten Pflanzenfressern kommen selbst vom rohen Stärkemehle keine Spuren mehr im Kothe vor. Im Kothe von Tauben, die mit Bohnen gefüttert wurden, fanden wir es aber in grosser Menge.

Die Pflanzencellulose wird manchmal als unlöslich bezeichnet. Daraus, dass die mit Gras oder Heu gefütterten Thiere so wenig von andern Kohlenstoffhydraten aufnehmen, folgerte aber *Mulder*, dass ihnen auch die Cellulose als Nahrungsmittel dient. Die Herbivoren sind wirklich im Stande, Cellulose aufzulösen, indem dieselbe in Zucker verwandelt wird. Der Mensch verzehrt nur die jungen Zellmembranen; alte, dicke Zellwände widerstehen der Auflösung und gehen, gleichwie das Oberhäutchen, die Spiralfasern, viele Epidermis- und Chlorophyllzellen ungelöst in den Koth über, und die in die Zellen eingeschlossenen Substanzen werden selbst zum Theil der Auflösung dadurch entzogen.

Die Umwandlung des Gummi in Zucker geschieht zu langsam, als dass es als Nahrungsmittel sehr in Betracht kommen könnte, und Pectine wird wahrscheinlich gar nicht in Zucker umgesetzt. In wie weit sie als Nahrungsmittel dienen können, ist noch näher zu prüfen.

Vom Alkohol wissen wir, dass er als solcher ins Blut tritt und dort zum grössten Theile oxydirt wird, während nur ein kleinerer Theil unverändert wieder fortgeht. Pflanzensäuren treten wohl grösstentheils unverändert ins Blut, werden aber rasch durch Oxydation in Kohlensäure und Wasser zersetzt.

Wir sehen also, dass die vorzüglichsten sogenannten Kohlenstoffhydrate durch die Verdauung in Traubenzucker umgewandelt werden. Darauf beschränkt sich aber die Veränderung nicht. Ein Theil dieses Zuckers nämlich geht in Milchsäure über und der Milchsäuregährung kann weiterhin eine Buttersäuregährung folgen. Dass selbst schon im menschlichen Magen etwas Milchsäure sich bilden kann, das ist aus den Analysen von *Schmidt* sehr wahrscheinlich geworden. Ausgemacht ist es, dass im untersten Theile des Dünn-

darms sowohl als im Dickdarme nach Stärkemehlkost fast immer Milchsäure und manchmal auch Buttersäure gefunden wird. Die Buttersäurebildung geht mit der Entwickelung von Kohlensäure und Wasserstoff parallel, denn $2(C^6H^5O^5 + HO) = C^8H^7O^3 + HO + 4CO^2 + 4H$. Ohne Zweifel rührt es davon zum Theil her, dass unter den Gasen des Darmkanals Kohlensäure und Wasserstoffverbindungen vorkommen.

Die rasche Aufsaugung des Zuckers ergiebt sich aus den Untersuchungen von *Frerichs*, der nach reichlichem Milchgebrauche unter sieben Fällen nur zweimal noch Milchzucker im Leerdarme fand. Der Dextrinbildung aus Stärkemehl folgt rasch die Zuckerbildung nach; nur selten kommt Dextrin im Dünndarme vor, und *Lehmann* konnte es nicht mit Bestimmtheit dort nachweisen. Dass Rohrzucker unter der Einwirkung des Magensaftes sich in Traubenzucker umwandelt, wurde von *Bouchardat* und *Sandras* (*Comptes rendus* 1845. *T.* 20. *p.* 143) nachgewiesen, und wenn *Frerichs* nach dem Gebrauche von Rohrzucker nur Milchsäure fand, so darf man eine vorgängige Traubenzuckerbildung annehmen. Mit Recht folgert *Mulder* (Physiol. Chemie S. 1024) aus der Nahrungsweise vieler Herbivoren, dass die Cellulose in eine lösliche Verbindung umgewandelt und so aufgenommen wird. Bei Versuchen mit Kleie hat es sich herausgestellt, dass die Schicht proteinhaltiger dickwandiger Zellen, welche *Donders* nachgewiesen hat, von den Herbivoren vollständig verdaut wird. Bei Hunden geschieht dies nicht, und beim Menschen findet man jene Zellen im Allgemeinen auch noch in den *Faeces*. (S. die Aufsätze von *Donders*, von *Fles*, von *Donders* und *Hekmeyer* in *Nederl. Lancet IV.* 739. *VI.* 227, 244. 3*e Serie I.* 367.) Die Zellen in den Frucht- und Samenhülsen des Getraides werden von Pferden und Rindern auch nur zum Theil isolirt und nicht gelöst. Vom jungen Gemüse, von Kartoffeln, von Früchten u. s. w. trifft man auch beim Menschen keine Zellenresiduen mehr in den *Faeces* an, wenn sie im fein zertheilten Zustande aufgenommen werden.

Wegen des Alkoholübergangs sind *Bouchardat* und *Sandras* (*Ann. de Chim. et de Physique.* 1847 *Oct.*) nachzusehen. Der aufgenommene Alkohol verschwindet nur spurweise als solcher durch die Lungen.

Moleschott (Phys. des Stoffwechsels S. 109) ist der Meinung, dass bereits im Magen die Bildung von Milchsäure anfängt (§ 78); nach *Frerichs* dagegen sind die Milchsäure und Buttersäure im Magen als ein pathologisches Product anzusehen. Die schwach saure Reaction im Magen und im Darme und der Uebertritt von Traubenzucker ins Blut sind jedoch keine ausreichenden Gründe für die Annahme von *Frerichs*, und dass *Moleschott's* Ansicht für den Menschen wenigstens oftmals begründet ist, das scheint sich aus *Schmidt's* Analysen (§ 80) mit ziemlicher Sicherheit zu ergeben. Die Umwandlung in Milchsäure wird jedoch bei alkalischer Reaction leichter eintreten, und dazu wird, wie *van den Broek* (*Nederl. Lancet. III.* 155) nachwies, unter andern die Galle beitragen können. Das Entstehn von Milchsäure aus Traubenzucker (*Boutron* und *Frémy*) und weiterhin Buttersäurebildung wird durch Erscheinungen, welche ausserhalb des Organismus auftreten, vollkommen aufgehellt. (S. Allgem. Phys.) — Einzelne Desoxydationserscheinungen im Darmkanale, wie die Bildung von Schwefelleber aus schwefelsauren Alkalien unter gleichen Umständen wie im Amsterdamer Wasser (*Mulder*), sprechen einigermassen für *Moleschott's* Ansicht, dass hier bereits aus der Buttersäure sich Fettsäuren mit einem geringern Sauerstoffgehalte bilden, z. B. Palmitinsäure. Bewiesen ist dies aber durchaus nicht.

§ 106. Verdauung der Fette.

Die vereinigte Wirkung von Speichel und Magensaft im Magen ist ohne Einfluss auf die Zersetzung der Fette, und letztere werden dadurch noch nicht löslich. *Frerichs* sah selbst die Milchkügelchen genossener Milch zusammenfliessen und grössere Tropfen bilden, während der anfänglich geronnene Käsestoff sich löste und absorbirt wurde. Niemals sahen wir die Lymphgefässe des Magens mit einer weissen, fetthaltigen Flüssigkeit gefüllt, noch fanden wir hier Fett in die Epithelialzellen eingedrungen. Also erst in den Därmen wird das Fett absorbirbar. Hier nämlich erfährt es eine sehr feine Vertheilung, vorzüglich durch die Einwirkung des Bauchspeichels, während die Befeuchtung der absorbirenden Fläche mit Galle sein Eindringen in die Epithelialzellen und in die Lymphgefässe zu befördern scheint. Weiter abwärts im Darme nimmt daher das Fett, wenn es in mässiger Menge genossen wurde, immer mehr ab. — Tritt alkalische Reaction auf, dann kann es zur Verseifung kommen.

Wachs, welches bei der Blutwärme nicht flüssig wird und sich auch schwierig verseift, wird mit dem Kothe ausgestossen. Auch das reine Stearin wird als solches nicht absorbirt.

Fettzellen und eben so auch das daraus frei gewordene Fett kommen in dem abgekühlten Mageninhalte im Allgemeinen schön krystallinisch vor, als Margarin und Margarinsäure. In den Epithelialzellen des Magens findet man keine Fettkügelchen. *Leuret* u. *Lassaigne* (*Hist. de la digestion. Paris* 1825) wollen bei Pferden, die mit Hafer gefüttert worden waren, weisse Chylusgefässe gesehen haben, die vom Magen abgingen. Wir haben auf diesen Punkt bei verschiedenen Thieren unzählige Male geachtet, haben aber, gleich *Lenz* (a. a. O. S. 75), immer nur negative Resultate erhalten.

Wenn *Moleschott* annimmt, alles Fett müsse verseift werden, bevor es absorbirt werden kann, so vergisst er, dass der grösste Theil bereits in jenen Abschnitten des Darmkanales absorbirt wird, wo eine saure Reaction besteht. Indessen verdient die Beobachtung, dass jenes in den Epithelialzellen der Zotten vorhandene Fett (nicht aber jenes zu den Chylusgefässen vorgeschrittene) so schnell verseift, was auch wir gleich *Kölliker* wahrgenommen haben, um so mehr beachtet zu werden, da das Durchdringen von Fett durch die thierischen Membranen noch einigermaassen dunkel geblieben ist. Ob Stearin und andere schwer schmelzbare Fette im verseiften Zustande absorbirt werden, das bedarf noch einer näheren Ermittelung. Reines Stearin, selbst wenn es im Emulsionszustande eingeführt wird, geht nach den Untersuchungen von *Funke* (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie Bd. 7. S. 315) nicht im unverseiften Zustande in die Epithelialzellen über. Es verhält sich mit diesen Substanzen vielleicht ähnlich wie mit Wachs, welches *Funke* eben so wenig in die Epithelialzellen eindringen sah, und das nach den Untersuchungen von *Bouchardat* und *Sandras* (a. a. O.) so wie von *Thompson* (Ann. d. Chem. u. Pharmacie Bd. 61. S. 234) grösstentheils mit dem Kothe austritt.

§ 107. Verdauung der Salze.

Die Salze unserer Speisen und Getränke werden im Allgemeinen durch die Verdauungsflüssigkeiten nicht verändert. Die meisten lösen sich in Wasser und noch besser in sauerem Magensafte, und sie werden grossentheils schon im Magen aufgesaugt und ins Blut geführt. Kohlensaure Salze werden durch den Magensaft zersetzt, die Kohlensäure wird frei, und es bilden sich salzsaure oder milchsaure Salze, welche, wenn sie ins Blut aufgenommen werden, sich gewiss nur kurze Zeit darin erhalten. (S. die Allg. Phys.)

Die Erdsalze, namentlich der phosphorsaure Kalk, zeigen ein etwas anderes Verhalten. In unsern Speisen sind sie grösstentheils mit Eiweisskörpern verbunden und als solche löslich. (S. Allg. Phys.) Jenen Proteinverbindungen, welche geraume Zeit ungelöst im Magen zurückbleiben, wird durch den sauern Magensaft ein Theil der Erdsalze entzogen, die bald zur Absorption gelangen. Der grössre Theil jedoch wird zugleich mit den Proteinverbindungen löslich gemacht und gelangt mit diesen ins Blut.

Das Vorhandensein mancher Salze, der Kohlensäure u. s. w. kann auch zur Auflösung der Erdsalze beitragen. — Auffallend ist es, dass, wie schon *Berzelius* angab, Magnesiasalze weniger leicht als Kalksalze aufgenommen werden, so dass jene im Darminhalte mehr und mehr hervortreten und im Kothe verhältnissmässig bedeutend überwiegen.

Eisen und Spuren anderer Metalle kommen schon als lösliche Verbindungen in den Nahrungsmitteln vor. Indessen wird auch das metallische Eisen und das Eisenoxyd im Magen durch den sauern Magensaft gelöst und damit absorbirbar gemacht. Wird es in grösserer Menge gegeben, so geht es in die *Faeces* über, und diese bekommen durch das sich bildende Schwefeleisen eine schwarze Färbung. Chlormagnesium wird auch leicht Salzsäure liefern.

Das Verhalten der unorganischen Substanzen bei der Verdauung ist ganz so, wie man es nach ihren Eigenschaften *a priori* erwarten kann. Eine wirkliche Zersetzung erfahren nur die kohlensauren Salze, und *Frerichs* (a. a. O. S. 800) hat nach Verabreichung von Knochen auch milchsauern Kalk gefunden. — *Tiedemann* und *Gmelin* fanden bereits Erdsalze im sauern Chymus aufgelöst, *Frerichs* auch Eisensalze. Das hauptsächlichste Lösungsmittel ist jedoch die Proteinverbindung, mit welcher die Erdsalze verbunden sind. In einer alkalischen Flüssigkeit sind sie, mit Eiweisskörpern verbunden, eben so löslich als in einer sauern, und wenn die Eiweisskörper im Dickdarm noch aufgelöst werden, dann sind sie sicher mit Erdsalzen verbunden. Die schwere

Absorption der Magnesiasalze, welche bei der Pflanzennahrung so sehr vortreten, ist vielleicht dem Umstande zuzuschreiben, dass sie mit Proteinsubstanzen verbunden nicht löslich sind.

§ 108. Verdaulichkeit der Nahrungsmittel.

In der Diätetik ist viel die Rede von der Verdaulichkeit der verschiedenen Nahrungsmittel; im Allgemeinen versteht man aber darunter nur die Veränderung und die Auflösung, die sie im Magen erleiden. Dadurch ist der Begriff der Verdaulichkeit zu sehr eingeschränkt. Der Magen ist nur das Hauptorgan für die Verdauung der Proteinverbindungen und der leimgebenden Substanzen, während ein grosser Theil des Stärkemehls im Darme in Zucker umgewandelt wird und die Fette im Magen gar keine wesentliche Aenderung erfahren. Daraus ergiebt sich, dass vegetabilische Nahrungsmittel hinsichtlich der Magenverdauung weniger verdaulich heissen müssten als animalische, ohne dass sie doch deshalb im Allgemeinen als schwerer verdaulich zu betrachten sind.

Gosse, Schultz, Beaumont, von Grünewaldt haben bei ihren Versuchen über die Magenverdauung einander widersprechende Resultate erhalten. Dies darf uns keineswegs befremden, wenn wir berücksichtigen, dass die grössere oder geringere Zertheilung der Nahrungsmittel, deren Menge und Zubereitung, die Individualität, namentlich die Gewohnheit, und viele andere Umstände nothwendig einen modificirenden Einfluss ausüben müssen. Die meisten Fleischspeisen blieben bei *Beaumont's* Versuchen etwa 2 bis 4 Stunden im Magen. Viele vegetabilische Substanzen waren schon früher aus dem Magen fort, ohne Zweifel waren sie aber in den Darm übergegangen, wo sie noch fernerer Umwandlung unterlagen. Vier Stunden nach dem Essen fand *von Grünewaldt* den Magen meistens ziemlich leer. Fette Substanzen werden nur, wenn sie in zu grosser Menge aufgenommen wurden, schwer verdaulich: sie stören dann die Magenverdauung und im Darme werden sie nicht in der Gesammtheit absorbirbar, so dass man sie auch im Kothe wieder findet.

Die Verdaulichkeit der Nahrungsmittel hängt von mancherlei Umständen ab, die theils im Individuum, theils in den Substanzen selbst begründet sind. Was der eine leicht verdaut und gut verträgt, das ist für einen andern eine schwer verdauliche Speise und umgekehrt. In Betreff der N a h r u n g s s u b s t a n z e n s e l b s t kommt vornämlich in Betracht:

1) Die Zusammensetzung. Unter den Proteinverbindungen widersteht das Eiweiss um so länger, je härter es coagulirt ist; auch das coagulirte Pflan-

zeneiweiss ist schwer löslich. Fleisch löst sich niemals ganz auf, aber die Eiweisssubstanzen werden doch ausgezogen. Die leimgebende Substanz widersteht sehr lange und zwar wohl um so länger, je weniger sie durch die Art der Zubereitung in Leim übergegangen ist oder sich der Gallerte nähert. Unter den verbreitetsten vegetabilischen Substanzen widersteht Stärkemehl um so länger, je kürzere Zeit es der Wärme ausgesetzt war, und Cellulose um so länger, je älter sie ist: manche, wie Zucker, Pectine u. s. w. sind und bleiben löslich, andere, wie alte Cellulose, Epidermis, Spiralfasern, widerstehen der Auflösung beharrlich. In Betreff der Fette kommt die Menge und die Unlöslichkeit bei Blutwärme besonders in Betrachtung.

2) Die Form. Je feiner ein Körper zertheilt ist, um so mehr Berührungsfläche bietet er den Verdauungsflüssigkeiten, und desto leichter löst er sich. Grössere Stücke geronnenes Eiweiss, Fleischstückchen, Wurzelstücken u. dgl. können durch den ganzen Darm hindurchgehen, ohne dass sie ganz aufgelöst werden. Gut gegangenes, zumal altbackenes Brod wird weit besser von den Verdauungsflüssigkeiten angegriffen, als feste Mehlspeisen oder als frisches Brod, das leicht klumpig zusammenpackt. Der aus Milch geronnene Käsestoff widersteht nicht so lange als Stückchen Käse, die eine feste Masse bilden.

3) Die Umhüllung mit Cellulose. Sind Proteinverbindungen und Fette in unlösliche Zellwände von alter Pflanzencellulose eingeschlossen, was bei vegetabilischer Nahrung am häufigsten vorkommt, dann wird die Auflösung und Verdauung dieser Bestandtheile behindert. Am Deutlichsten haben wir dies an der Schicht protein- und fetthaltiger Zellen wahrgenommen, die unter der Samen- und Fruchthülse der Getraidekörner vorkommt. Beim Menschen und beim Hunde schwellen diese Zellhäute nur auf, ohne sich zu lösen oder zu bersten. Statt der kleinen Fettkügelchen findet man indessen ein Paar grössere, zum Beweis, dass der Inhalt flüssig geworden ist. Man darf daraus schliessen, dass ein Theil wenigstens der Proteinverbindungen durch Osmose aus der Zellwand gedrungen ist, während das Fett wohl ganz zurückgehalten wird.

4) Das Vorhandensein anderer Substanzen. Viele Metallsalze, alkoholische Flüssigkeiten u. s. w. behindern im Allgemeinen die Auflösung. Eine grössere Fettmenge wirkt ebenfalls hinderlich, da ein fetthaltiges Gemenge nicht so leicht von den Verdauungsflüssigkeiten durchdrungen wird.

In Betreff der Individualität kommt zunächst die Lebenszeit und die Gewohnheit in Betracht. — Die meisten Substanzen werden von Kindern nicht so vollständig gelöst, wie von Erwachsenen; in den *Faeces* der ersteren findet man im Allgemeinen viel mehr unveränderte Residuen der Nahrung, als in jenen der Erwachsenen. Dagegen vertragen Kinder häufig Milch und Milchspeisen besser. — Ein Magen, der an schwer verdauliche Nahrung gewöhnt ist, erfährt durch leicht lösliche Substanzen oftmals nicht die nöthige mechanische Reizung zu hinreichender Absonderung des Magensaftes und dadurch wird die Verdauung gestört. Der Einfluss der Gewohnheit auf die Verdaulichkeit mancher Nahrungsmittel hat sich in Betreff der Kleien in den erwähnten Donders'schen Versuchen an Kaninchen herausgestellt, und die Sache ist nach *Hekmeyer's* Mittheilung so bekannt, dass man selbst im Reglement über die Pferdefütterung darauf Rücksicht genommen hat.

Zum Schlusse wollen wir an die hauptsächlichsten Versuche erinnern, durch welche man die zur Auflösung der Speisen im Magen erforderliche Zeit zu bestimmen gesucht hat. *Gosse* (s. *Frerichs* a. a. O.) konnte sich willkürlich erbrechen, und er benutzte diese Fähigkeit, um die Veränderungen verschiedener Nahrungsmittel zu erforschen. *Schultz* (*De alimentorum concoctione experimenta nova. Berol.* 1834) stellte seine Beobachtungen über die Verdaulichkeit verschiedener Nahrungssubstanzen an Hunden und Katzen an, die einige Zeit nach vorgängiger Fütterung getödtet wurden. Die bekanntesten derartigen Versuche sind ohne Zweifel jene von *Beaumont* (Ueber den Magensaft und die Physiologie der Verdauung. Deutsch von *Luden.* 1834), der Jahre lang dazu die Gelegenheit bei einem Canadischen Jäger hatte, bei welchem in Folge eines Schusses eine grosse Magenfistel zurückgeblieben war, und der sich im Uebrigen einer guten Gesundheit erfreute. *Beaumont* konnte jeder Zeit wahr-

nehmen, was im Magen seines Jägers vorging. Die Resultate dieser Versuche, die wegen der nicht glücklichen Wahl der Nahrungsmittel, wegen der Unvollkommenheit der Untersuchung und weil nicht unterschieden wurde, ob die Substanzen im aufgelösten oder nicht aufgelösten Zustande in den Darm übergegangen waren, doch nicht so erfolgreich geworden sind, findet man bei *Valentin*, bei *Frerichs* u. Andern ausführlich aufgezählt. Sie belehren weniger über die zur Auflösung nöthige Zeit, als wie lange die Substanzen im Magen verbleiben, nämlich 1 Stunde bis 5½ Stunden. Wir haben sie deshalb schon früher (§ 79) bei der Magenverdauung kurz erwähnt. Dort theilten wir auch mit, was *von Grünewaldt* gefunden hat.

Sechstes Kapitel.

Mechanismus der Verdauung.

Bérard, Cours de Physiologie. Livr. 8 *etc. Paris* 1848—1850.

§ 109. Eintheilung.

Der Mechanismus der Verdauung lehrt uns die verschiedenen bei der Verdauung vorkommenden Bewegungen kennen. Wir haben nach einander zu betrachten:

1) Die Aufnahme und Zertheilung der Speisen, wobei sie zugleich mit Speichel gemengt werden.

2) Das Schlucken.

3) Die Bewegungen des Magens.

4) Die Bewegungen der dünnen Gedärme.

5) Die Bewegungen der dicken Gedärme, nebst der Function der *Valvula coli* und der Stuhlentleerung.

§ 110. Aufnahme und Zertheilung der Speisen im Allgemeinen.

Um Speisen aufzunehmen, wird der Mund durch das Auseinanderweichen der Lippen und das Senken des Unterkiefers geöffnet. Flüssigkeiten werden im Allgemeinen eingegossen, manchmal auch eingeschlürft, wobei die Lippen mit der Flüssigkeit in Berührung sind. Das Einsaugen bewirkt der Säugling dadurch, dass er die Warze mit seinen Lippen umschliesst, die Mundhöhle erweitert und die Luft darin verdünnt, während die vordern Gaumenbögen mit der zwischenliegenden Zunge die Luft der Rachen- und Nasenhöhle abhalten.

Das Zertheilen der Speisen erfolgt durch die Zähne, während der Unterkiefer, welcher beweglich mit dem Schläfenbeine verbun-

den ist, in verschiedenen Richtungen bewegt wird. Durch Zunge, Lippen und Wangen werden die Speisen zwischen die Zähne gebracht und dort gehalten. Von den verschiedenen hierzu erforderlichen Apparaten haben wir nur die Muskulatur der Zunge näher zu betrachten; die zu einem richtigen Verständniss nöthige Kenntniss der übrigen Theile wird in der beschreibenden Anatomie gegeben.

§ 111. Zungenmuskeln.

Die Zunge, welche mit dem Zungenbeine verbunden und mit einer Schleimhaut (*Periglottis*) bedeckt ist, besteht hauptsächlich aus quergestreiften Muskelbündeln, die in den verschiedensten Richtungen durch einander gewebt sind und an den Zungenrändern in der Nähe der Schleimhaut, an welche viele Fasern mit mikroskopischen Sehnen angeheftet werden, sich nicht selten theilen. Ein Theil dieser Fasern verläuft ausschliesslich in der Zunge. Die meisten entspringen als besondere Muskeln von verschiedenen Knochen (Zungenbein, Unterkiefer, Schläfenbein), aber zumal an der Oberfläche der Zunge sind alle Fasern dergestalt durch einander gewebt, dass sie nicht als besondere Muskeln sich unterscheiden lassen. Das Perimysium ist wenig entwickelt, hier und da mit Fettzellen versehen.

Die beiden *Genioglossi* und der *Transversus linguae* bilden die Hauptmasse der Zunge. Zwischen den *Genioglossi* liegt eine dünne, senkrechte Platte eines festen Fasergewebes, das *Septum linguae* oder der sogenannte Zungenknorpel; es reicht diese Schicht nach oben bis ein Paar Linien von der Oberfläche der Zunge. Während die beiden *Genioglossi* als senkrechte, hinter einander liegende Platten zu beiden Seiten des *Septum linguae* aufsteigen, entspringen von den beiden seitlichen Flächen des erwähnten *Septum linguae* die Fasern des *Transversus* und füllen die Räume zwischen den aufsteigenden Platten der *Genioglossi* regelmässig aus. Wenn diese aufsteigenden Platten der *Genioglossi* oberhalb des Knorpels gekommen sind, so nehmen sie meistens einen Verlauf nach hinten, und es werden die Räume zwischen diesen Platten durch längslaufende Fasern des *Chondroglossus* erfüllt, welche grösstentheils von den kleinen Hörnern des Zungenbeins kommen. Es endigen diese Fasern zuletzt in dem festen Bindegewebe unter der Periglottis und sie dringen zum Theil in die Zungenpapillen; nahe der Zungenspitze werden sie durch selbstständige senkrechte Lamellen ersetzt.

Die Lamellen des *Transversus* erreichen die Zungenränder und biegen sich zum Theil nach oben um, wo sie ebenfalls unter und in der Schleimhaut der Zunge sich verlieren.

Die übrigen Zungenmuskeln umhüllen grösstentheils die beiden bisher beschriebenen, so dass von Manchen ein peripherisches und ein centrales Muskelsystem der Zunge unterschieden wird. Jene Portionen des *Hyoglossus*, welche als *Baseoglossus* und *Keratoglossus* bezeichnet werden, verhalten sich an der Seite der Zunge ungefähr ähnlich wie der *Genioglossus* in deren Mitte: die Zwiräume seiner querstehenden Lamellen werden nämlich vom *Transversus linguae* und nahe der Oberfläche von oberflächlichen Längsfasern durchsetzt, und seine Fasern endigen zuletzt unter und in der Schleimhaut. Jene oberflächlichen Fasern, welche sich von hinten nach vorn unter der Schleimhaut und der Drüsenschicht hinziehen, stammen ebenfalls vom Zungenbeine (*Chondroglossus*), werden aber allmählig durch Fasern verstärkt, die von der Schleimhaut entspringen (*Longitudinalis superior Kölliker*, *Notoglossus Zaglas*) und gleich den erstern weiter nach vorn sich wieder an der Schleimhaut verlieren. — Der *Styloglossus* verläuft längs des Zungenrandes nach unten und innen und endigt an der Schleimhaut unten an der Zungenspitze, so wie an der Zungenspitze selbst; ein kleiner Theil seiner Fasern dringt aber auch zwischen die verschiedenen Muskeln, um sich am *Septum linguae* anzuheften. — Der *Lingualis profundus Gerdy* (*Longitudinalis inferior Kölliker*) stellt ein Längsfaserbündel an der Unterfläche der Zunge dar, zwischen *Genioglossus* und *Hyoglossus*. Nach vorn erstrecken sich seine Fasern in den Seitentheil der Zungenspitze, nach hinten erreichen sie die Unterfläche der Drüsenlage der Zungenwurzel.

Aus dieser Beschreibung ergiebt sich, dass die Zunge an den meisten Stellen aus Muskelfasern besteht, welche in drei verschiedenen Richtungen verlaufen, nämlich senkrecht, quer und der Länge nach.

Die Zungenmuskulatur wurde in der neuern Zeit von *Salter* (*Todd's Cyclop.* Art. *Tongue*), von *Zaglas* (*Goodsir's Ann. of Anat. and Phys. Vol.* 1) und von *Kölliker* (Mikroskop. Anat. II. 2. S. 12 u. fg.) genau untersucht. Unter den älteren Autoren verdienen zumeist *Bauer* (*Meckel's* Archiv 1822), *Gerdy* (*Arch. génér. T.* 7. *p.* 361) und *Blandin* (*Arch. génér. T.* 1. *p.* 457) verglichen zu werden. — *Kölliker* entdeckte, dass sich die Muskelbündel der Zunge beim Frosche theilen, ohne sich jedoch, wie am Herzen, mit einander zu verbinden. An einer gekochten Froschzunge lassen sie sich leicht isoliren. Auch in der menschlichen Zunge haben wir auf zuverlässige Weise das Vorkommen solcher Theilungen wahrnehmen können, und zwar nicht fern von der Spitze an den Zungenrändern. Hier sahen wir auch die Muskelbündel in die Basis der Papillen eindringen. Die langen gesonderten Sehnen der Muskelprimitivbündel,

welche *Salter* (a. a. O. Fig. 752) abbildet und die sich wie eine Fortsetzung des Sarcolemma ausnehmen, haben wir so wenig als *Kölliker* gesehn.

Bérard (*Cours de Physiologie p.* 653) giebt an, die äusserlich liegenden Zungenfasern seien mehr rund und fester, als die tieferen, zwischen denen auch viel Fettgewebe vorkommt. Diese Weichheit sei für die Formveränderungen der Zunge bei ihren Bewegungen nichts weniger als gleichgültig.

§ 112. Bewegung der Zunge.

Die Zunge ist das beweglichste Organ des Körpers. Sie kann nicht allein in allen Richtungen durch die Mundhöhle bewegt und ausgestreckt werden, sondern auch mancherlei Formveränderungen erleiden. Jene Bewegungen stehen zum Theil zum Kauen und Schlucken in Beziehung, zum Theil aber auch zum Tasten, zum Schmecken und zum Sprechen. Hier haben wir nur zu untersuchen, durch welche Muskeln die verschiedenen Bewegungen und Formveränderungen der Zunge zu Stande kommen, deren Bedeutung bei den genannten Verrichtungen näher zur Sprache kommt.

Die Zunge, welche durch den *Genioglossus* mit dem Unterkiefer, durch den *Hyoglossus* mit dem Zungenbeine verbunden ist, folgt der Bewegung dieser Knochen schon, ohne dass ihre eignen Muskeln sich dabei contrahiren.

Bei den Bewegungen, welche die Zunge durch ihre eignen Muskeln ausführt, lässt sich die Formveränderung und die Ortsveränderung nicht genau sondern. Im Allgemeinen hat man sich zu denken, dass die Zunge durch Contraction ihrer senkrechten Fasern, namentlich vom *Genioglossus*, platt und breit wird, durch ihre queren Fasern, namentlich vom *Transversus*, an Länge gewinnt, falls die Längsfasern erschlafft sind, an Dicke dagegen, wenn gleichzeitig die Längsfasern contrahirt sind. — Bei der bestimmten Form, welche die Zunge durch die Zusammenziehung dieser Muskeln angenommen hat, kann die Spitze nach oben und nach unten, nach rechts und nach links bewegt werden, je nachdem die Wirkung der obern oder der untern, der rechten oder der linken Längsfasern überwiegt. Die Form wird mithin hauptsächlich durch die senkrechten und durch die queren Fasern bestimmt, und bei den Bewegungen selbst kommen hauptsächlich die Längsfasern in Betracht. — Der Zungenrücken kann hohl werden durch Contraction der queren Fasern, wenn die innersten senkrechten Fasern zusammengezogen sind; gewölbt wird er durch die Contraction der untersten Querfasern.

Bei allen diesen Form- und Ortsveränderungen kann der Körper der Zunge durch den *Hyoglossus* nach hinten und unten, durch den *Styloglossus* und *Glossopalatinus* nach oben gezogen werden, die hintersten Fasern des *Genioglossus* aber können ihn etwas nach vorn ziehen.

Alle diese Bewegungen erfolgen unter dem Einflusse des *Hypoglossus*, des einzigen Bewegungsnerven der Zunge.

Im Vorstehenden liegt die Erklärung des Mechanismus der Zunge bei allen Form- und Ortsveränderungen aufgeschlossen. Zum bessern Verständniss reihen wir jedoch noch ein Paar Bemerkungen an. Ist der Mund hinreichend geöffnet, so wird die Zunge durch die queren Fasern nach vorn heraus gestreckt; denn diese machen das Organ länger und schmäler, wenn die Längsfasern erschlafft sind. Die hintersten Fasern des *Genioglossus* können nur wenig dazu beitragen, die Zunge im Ganzen nach vorn zu bewegen. (*Theile's* Muskellehre, 1841. S. 86.) Die Zunge kann etwas nach hinten und nach unten gezogen werden durch den *Hyoglossus*, sobald das Zungenbein durch andere Muskeln befestigt ist; ihr Zurückziehen erfolgt aber vornehmlich durch eine Verkürzung, zu welcher alle längslaufenden Fasern beitragen. Die seitlichen Bewegungen geschehen durch Contraction der Längsfasern Einer Seite; der Rand der Zunge wird hier ausgehöhlt, der andere Rand aber wird gewölbt. Die Zungenspitze kommt nach unten durch ausschliessliche Wirkung der untern Längsfasern, sie wird nach oben und hinten umgeschlagen durch die obern Längsfasern. Der *Genioglossus* tritt dieser letztern Wirkung entgegen. Die Spitze wird seitlich und zugleich nach unten und oben bewegt, wenn von den Längsmuskeln dieser Seite nur die untersten oder die obersten in Thätigkeit versetzt werden.

§ 113. Kauen und Mechanismus des Unterkiefergelenkes.

Flüssigkeiten werden unmittelbar verschluckt, feste Substanzen dagegen werden in der Mundhöhle zertheilt. Die Schneidezähne, welche durch ihre meiselförmige Gestalt schneidend wirken, und manchmal auch der Eckzahn der einen oder der andern Seite bringen die erste Zertheilung zu Stande. Durch Bewegungen der Zunge werden nun die Speisen zwischen die Mahlzähne der einen oder der andern Seite gebracht, und dabei wird ihre physikalische Beschaffenheit von der Zunge, von den Lippen und auch noch von den Zähnen wahrgenommen, die wir später als Tastorgane werden kennen lernen. Die Zermalmung erfolgt jetzt durch wiederholtes Auf- und Niederbewegen des Unterkiefers, wobei die Lippen geschlossen bleiben. Bei diesem Auf- und Niederbewegen findet auch zugleich ein schwaches Drehen statt, so dass die Unterkieferränder in dem Augenblicke, wo sie den Oberkieferrand erreichen, etwas nach vorn und nach der kauenden Seite vorstehen, worauf sie nach innen und hinten über die Ränder des Oberkiefers sich hinschieben. An der kauenden Seite drücken die Ränder auch stärker aufein-

ander. Durch Anlegen des Zungenrandes einerseits und der Backe andererseits werden die Speisen allemal wieder zwischen die Backenzähne gebracht und festgehalten. Treten manchmal kleine Stückchen zwischen die Zahnhöhlen und die Backe, so werden diese durch die Zunge von dort weggebracht. Wenn viel Speichel nöthig ist, dann werden die Speisen während des Kauens durch die Zunge schnell nach der andern Seite hinübergeführt, wo das Kauen dann weiter forgesetzt wird. Während des Kauens entleert sich besonders der Speichel der Parotis der betreffenden Seite. Da der *Ductus Stenonianus* sich über dem zweiten Backzahne des Oberkiefers an der Innenfläche der Backe öffnet, so wird dieser Speichel durch die an die Kiefer sich anlegende Backe mit den eben gekauten Speisen unmittelbar in Berührung gebracht. Ist die Zertheilung und Einweichung gehörig besorgt, dann kommt der Bissen auf die etwas ausgehöhlte Zungenfläche und unmittelbar darauf wird er verschluckt.

Wir müssen jetzt den Mechanismus des Unterkiefergelenkes mit der zugehörigen Muskulatur näher betrachten. In der Ruhe liegt der Gelenkkopf des Unterkiefers in der Gelenkhöhle. Beim stärkeren Herabziehen des Unterkiefers gleiten die Gelenkköpfe nach vorn auf die queren Wurzeln der Jochfortsätze und beim Heben desselben nehmen sie ihre vorige Stellung wiederum ein. Der Zwischenknorpel im Kiefergelenke ist mit dem Gelenkkopfe durch ein kürzeres Gelenkband genauer in Verbindung als mit der Gelenkhöhle, er folgt daher den Bewegungen des erstern, und zum Theil über diesen Knorpel weg gleitet der Gelenkkopf in die Höhle zurück. Der Knorpel mindert ausserdem den Druck der Gelenkflächen auf einander. — Im ruhenden Zustande stehen die Zähne des Unterkiefers etwas hinter jenen des Oberkiefers. Sie können nur um ein Weniges weiter rückwärts kommen, ziemlich bedeutend dagegen nach vorn. Bei dieser letztern Bewegung kommt der Unterkiefer etwas tiefer zu stehen, während die Gelenkköpfe auf den queren Wurzeln der Jochfortsätze sich nach vorn schieben, er bildet aber keine Hervorragung, wie beim Senken des Unterkiefers. Die Seitenbewegung ist eine sehr beschränkte, wenn nicht der Unterkiefer nach vorn gebracht ist. Diese vereinigte Bewegung nach vorn und zur Seite, die, wie wir sahen, beim Kauen vorkommt, ist eigentlich eine Drehbewegung, bei welcher der Gelenkkopf jener Seite, nach welcher sich der Oberkiefer bewegt, ziemlich in Ruhe bleibt und als Mittelpunkt der verticalen Axe gelten kann, um welche sich

der Gelenkkopf der andern Seite nach vorn über die quere Wurzel des Jochfortsatzes verschiebt.

Durch den Tonus der kräftigen Muskeln, welche den Unterkiefer nach oben bewegen, schliessen die Kiefer im Allgemeinen hinreichend an einander, trotz des Gewichtes des Unterkiefers. Die Muskeln, welche den Unterkiefer nach unten ziehen, sind weit schwächer und auch noch bei andern Bewegungen thätig. Sie gehen alle vom Zungenbeine zum Unterkiefer (*Geniohyoideus*, *Mylohyoideus* und vorderer Bauch des *Digastricus*), und sie vermögen nur dann den Unterkiefer nach unten zu ziehen, wenn das Zungenbein durch seine Muskeln (*Omohyoideus*, *Sternohyoideus*, *Sternothyreoideus*, *Thyreohyoideus*) nach unten befestigt ist. Deshalb kann nur bei geschlossenem Munde leicht geschluckt werden. Wirken gleichzeitig die Heber des Unterkiefers etwas stärker, dann senkt sich der Unterkiefer nicht nach unten, sondern er wird nur etwas nach hinten verschoben. Beim Senken des Unterkiefers ist vielleicht der *Pterygoideus externus* mit betheiligt, um die Gelenkköpfe nach vorn zu schieben (*Bérard*), und nach *Haller* wird auch das *Platysma myoides* zu jener Senkung beitragen können. Endlich scheinen der hintere Bauch des *Digastricus* und der *Stylohyoideus* den Kopf etwas nach hinten zu drehen und dadurch den Oberkiefer vom Unterkiefer zu entfernen (*Ferrein* und *Bordeu*). — Die Hebung des Unterkiefers und das kräftige Aneinanderschliessen der Zähne erfolgt durch die gemeinschaftliche Wirkung von *Masseter*, *Temporalis* und *Pterygoideus internus*, deren dicke Muskelmasse um so stärker wirkt, weil sie sich im Allgemeinen unter einem sehr vortheilhaften Winkel inseriren. — Wir sahen bereits, wie der Unterkiefer nach hinten gebracht werden kann. Die ausgiebigere Bewegung nach vorn erfolgt durch die Contraction der gesammten *Pterygoidei*, wobei auch die vordersten Fasern des *Temporalis* und des *Masseter* mit helfen können. Eine wichtigere Bewegung ist aber das Drehen oder Mahlen des Unterkiefers, die wir beim Kauen beschrieben haben. Es erfolgt diese Drehung durch die Contraction des *Pterygoideus externus* der einen Seite, der vermöge seiner Richtung den Unterkiefer nach der andern Seite und etwas nach vorn bringen wird. — Der *Orbicularis oris* und der *Buccinator* drücken Lippen und Backen während des Kauens gegen die beiden Kiefer.

Die eigentlichen Kaumuskeln, nämlich *Masseter*, *Temporalis*, *Pterygoidei* und *Buccinator* erhalten ihre Bewegungsnerven aus der

kleinen Wurzel des *Trigeminus* durch den sogenannten *Nervus crotaphitico-buccinatorius*. Von eben daher stammen die Aeste für den *Mylohyoideus* und den vordern Bauch des *Digastricus*, während der *Hypoglossus* den *Geniohyoideus*, den *Thyreohyoideus*, den *Omohyoideus* und *Sternohyoideus* mit Fäden versieht. Der hintere Bauch des *Digastricus*, das *Platysma myoides* und der *Orbicularis oris* werden vom *Facialis* versorgt.

Von besonderem Interesse ist es, die Kauwerkzeuge der verschiedenen Thiere zu kennen, weil sie in genauester Beziehung zu ihrer Nahrung stehen. Bei den fleischfressenden, namentlich den reissenden Thieren sind die Hundszähne ungemein entwickelt, und die Nahrung wird zwischen diesen Zähnen und den Klauen zerrissen. Bei den Wiederkäuern und den Nagern sind die Backzähne am meisten entwickelt. Bei den Carnivoren beschränken sich die Bewegungen des Kiefers fast allein auf ein Heben und Senken. Bei den Wiederkäuern sind die seitlichen Bewegungen sehr ausgedehnt, bei den Nagern die Vor- und Rückwärtsbewegung. Damit harmonirt aber die Gestalt der Gelenkhöhlen und der Gelenkköpfe. Bei den Carnivoren stehen sie quer und die Gelenkköpfe liegen genau in der engen, ziemlich tiefen Gelenkhöhle; bei den Wiederkäuern sind sie ziemlich rundlich und mithin sehr beweglich; bei den Nagern haben sie eine Richtung von vorn nach hinten und es können sich die Gelenkköpfe in dieser Richtung leicht auf der Gelenkfläche verschieben. Endlich sind auch die *Temporales* und *Masseteres* bei den Carnivoren, die *Pterygoidei* bei den Wiederkäuern sehr stark entwickelt, was mit den bei beiden vorkommenden Bewegungen im Zusammenhange steht. Selbst im Knochensysteme bieten die stark entwickelten Jochbogen und die grossen Schläfegruben der Carnivoren ansehnliche Anheftungsflächen für den *Temporalis* und *Masseter*, während bei den Wiederkäuern die *Processus pterygoidei*, von denen die *Pterygoidei* entspringen, eine ungewöhnliche Entwickelung zeigen.

In der Form der Zähne, in der Richtung und Gestaltung der Gelenkköpfe und Gelenkhöhlen, der bewegenden Muskeln, der Knochen, welche diesen Muskeln zur Anheftung dienen, so wie endlich der Bewegungen selbst, nimmt der Mensch, der sich einer gemischten Nahrung bedient, eine mittlere Stellung ein.

§ 114. Schlucken.

Das Schlucken erfolgt durch einen sehr zusammengesetzten Mechanismus, wobei viele Muskeln der Zunge, des Zungenbeins, des Gaumens, der Rachenhöhle und der Speiseröhre wirken.

Man kann beim Schlucken drei Zeiträume unterscheiden, die schnell und regelmässig auf einander folgen. Im ersten Zeitraume sammelt sich der Bissen auf der ausgehöhlten Zunge, und durch einen Druck der Zunge gegen den harten Gaumen, der von der Zungenspitze zur Zungenwurzel fortschreitet, gelangt er hinter den vordern Gaumenbogen. Im zweiten Zeitraume bildet die Zungenwurzel, welche mit dem Zungenbeine nach vorn und oben gezogen ist, eine geneigte Fläche, über welche der Bissen leicht hingleitet und durch die Contractionen der *Constrictores pharyngis*, die auch

das gespannte Gaumensegel mit umfassen, bis in den Oesophagus getrieben wird. Im Momente nämlich, wo der Bissen über die Zungenwurzel gleitet, erhebt sich der Schlundkopf (Fig. 78. *l*) nach

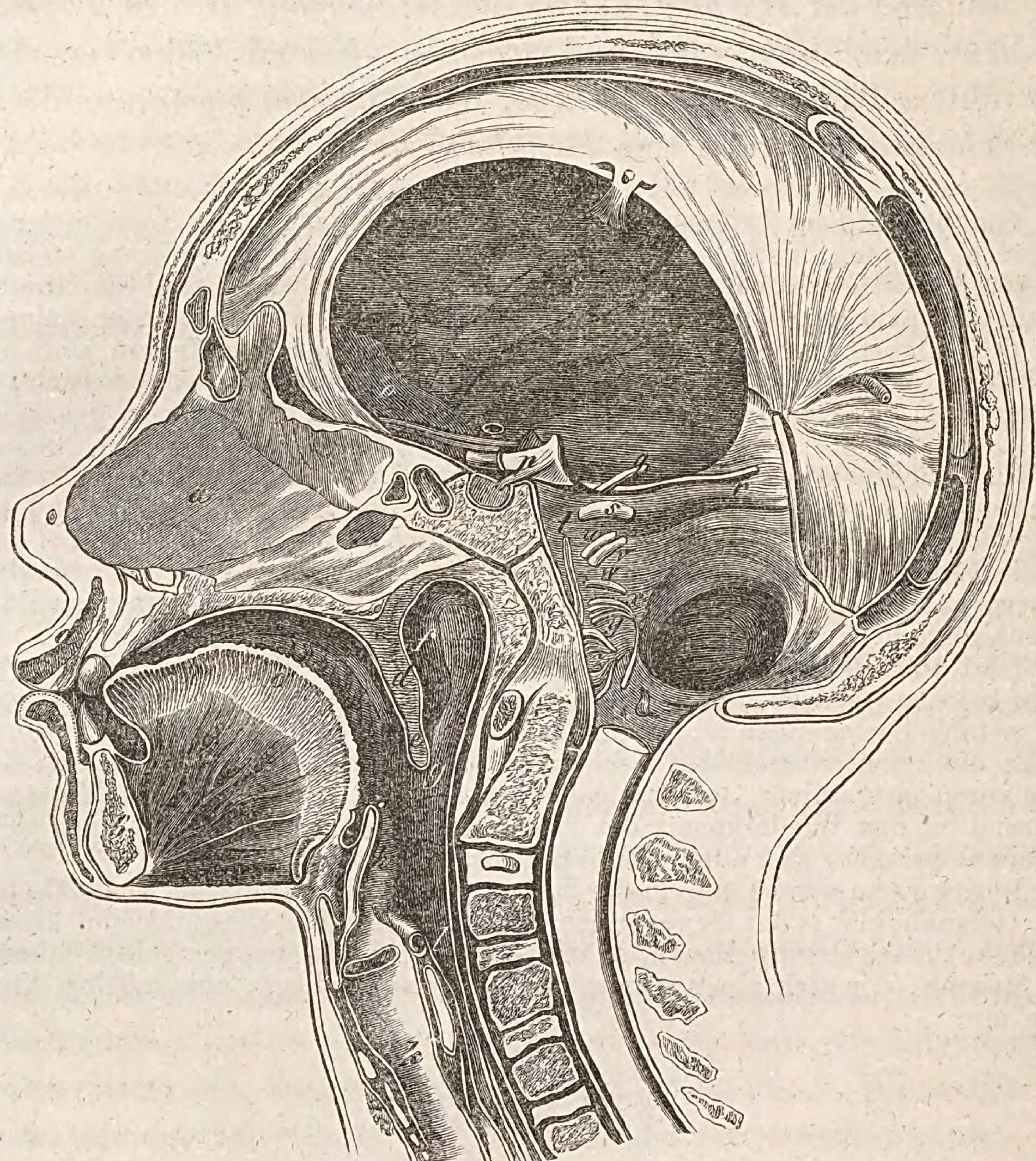


Fig. 78.

oben und vorn durch die *Stylopharyngei* und *Salpingopharyngei*, und durch die Zusammenziehung des *Constrictor superior* legt er sich gleich einem Schliessmuskel um die Rachenenge, bemeistert sich des Bissens und treibt ihn unter fortgesetzten Zusammenziehungen der *Constrictores* weiter nach unten.

Im dritten Zeitraume treten die Speisen durch den Oesophagus in den Magen hinab. Die Schwerkraft kommt dabei einigermassen

Fig. 78. Vertikaler Durchschnitt der Mund- und Rachenhöhle; nach *Valentin*. — *a Septum narium*. *a'* Oberlippe. *b* Durchsägter Unterkiefer. *c* Zunge. *d* Gaumensegel. *e Uvula*. *f* Mündung der *Tuba Eustachii*. *g* Weg aus dem untern Theile des Schlundkopfs zum obern Theile und zu den Choanen. *h Epiglottis*. *k* Kehlkopf. *l* Schlundkopf. *o—z* Die 12 Hirnnerven.

in Betracht; aber hauptsächlich erfolgt die Fortbewegung durch die von oben nach unten fortschreitende peristaltische Contraction des Oesophagus. Ist der Bissen gross, dann kann dieser Zeitraum $\frac{1}{2}$ Minute oder länger dauern. Man fühlt an sich selbst die langsame Fortbewegung und kann sie bei Thieren (sehr deutlich z. B. beim Pferde) nach Bloslegung der Speiseröhre wahrnehmen. Die Bewegung des Bissens wird sehr durch den Schleim befördert, der zumal im Schlundkopfe durch verschiedene Drüsen abgesondert wird (§ 72).

Soll das Schlucken regelmässig von statten gehen, dann muss der Weg nach der Nasenhöhle (*g*) und der Weg nach dem Kehlkopfe (*k*) abgeschnitten werden und es muss ein Verschluss gegen die Mundhöhle eintreten.

Sobald der Bissen hinter den vordern Gaumenbogen gekommen ist, nähern die beiden Schenkel dieses Bogens sich einander durch Contraction der *Glossopalatini*, die zugleich das Gaumensegel und die Zunge einander näher bringen. Hierdurch ist dem Bissen die Rückkehr in die Mundhöhle abgeschnitten (*Dzondi*). — Der Weg zur Nasenhöhle wird dadurch abgeschlossen, dass die Schenkel des hintern Gaumenbogens sich einander nähern und dass die nach hinten vorragende *Uvula* die noch übrige Spalte ausfüllt. Diese Bewegung ist die Folge der Contraction der *Pharyngopalatini*, wobei das Gaunensegel durch den *Levator palati* und wahrscheinlich auch durch den *Circumflexus palati* befestigt wird. Das Gaumensegel, welches im ruhenden Zustande schief nach unten gerichtet ist (*d*), wird dabei in einer horizontalen Ebene ausgespannt, die sich nach hinten an die Schlundkopfwand erstreckt. — Damit der Weg nach der Stimmritze abgesperrt werde, ziehen die *Geniohyoidei*, die *Mylohyoidei* und der vorderste Bauch des *Digastricus* den Kehlkopf nebst dem Zungenbeine nach vorn und oben, während der *Hyothyreoideus* den Kehlkopf eng ans Zungenbein anzieht. Dabei muss der Unterkiefer durch Contraction der *Masseteres*, der *Temporales* und der *Pterygoidei* befestigt sein, um den genannten Muskeln einen festen Stützpunkt zu bieten. Durch jene Bewegung des Zungenbeins und Kehlkopfs nach vorn und oben wird die Zungenwurzel, welche an das Zungenbein stösst, umgebogen und drückt auf die *Epiglottis* (*h*), welche den Zugang zur Stimmritze verschliesst, so dass der Bissen von der Zungenwurzel weg, zwischen dem Kehlkopfe und dem hintern Bogen des Gaumensegels durch die Zusammenschnürer des gehobenen Schlundkopfes gefasst und nach unten getrie-

ben wird. Fehlt der Kehldeckel, dann wird der Eingang zur Stimmritze weniger vollständig geschlossen. — Die Oeffnung der *Tuba Eustachii* (*f*) oben im Schlundkopfe ist klein und schief gerichtet und liegt sehr hoch, so dass beim Schlucken höchstens Luft in dieselbe eindringen kann.

Das Schlucken ist im Anfange willkürlich, automatisch oder reflectorisch. Hat es einmal angefangen, dann setzt es sich unwillkürlich fort, und wenn der Bissen im Oesophagus zurückbleibt, dann kann ein zweites willkürliches oder unwillkürliches Schlucken seine Fortbewegung unterstützen. *Volkmann* hält die nachfolgende Zusammenziehung des Oesophagus für eine associirte Bewegung; *Ludwig* und *Wild* betrachten sie als eine Reflexbewegung, die durch den Reiz der Contraction selbst hervorgerufen und in den tiefern Theilen des Oesophagus wenigstens durch Reflexion unterstützt wird, welche von der Reizung der Schleimhaut durch den Bissen entsteht. — Enthält die Mundhöhle keine Speisen oder Getränke, dann kann man höchstens viermal hinter einander eine Schluckbewegung willkürlich ausführen. Die willkürliche Bewegung wird mithin durch Reflex von der Reizung des Bissens unterstützt.

Dzondi (Die Functionen des weichen Gaumens u. s. w. 1831. S. 42—52) hat am meisten dazu beigetragen, den Mechanismus des Schluckens aufzuhellen.

Um eine richtige Vorstellung davon zu bekommen, ist es vor Allem aus nöthig, das anatomische Verhalten der Theile genau kennen zu lernen, und hierzu empfiehlt es sich vornehmlich, dass man sich selbst vor dem Spiegel oder auch andere Personen bei weit geöffnetem Munde betrachtet. Beim Athmen durch den Mund senkt sich die Zunge hinreichend, so dass man den weichen Gaumen mit dem Zäpfchen, die Gaumenbögen, die Mandeln und die hintere Wand des Schlundkopfs gut übersieht, zumal wenn man sich etwas darauf eingeübt hat. Drückt man die Zungenwurzel mittelst eines Spatels oder eines andern abgeplatteten Körpers stark nach abwärts, dann kann man die genannten Theile noch vollständiger sehen, und wenn der Unterkiefer an den gebrauchten Körper sich stützen kann, dann ist auch ein willkürliches Schlucken möglich. Indessen sieht man dabei nur den Anfang des Schluckmechanismus.

Zufällige Umstände haben einzelnen Physiologen auch die Gelegenheit verschafft, den zweiten Zeitraum des Schluckens unmittelbar wahrzunehmen. So beobachtete *Bidder* (Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens und über den Geruchssinn. 1838) einen 22jährigen Mann, dem rechter Seits die Hälfte der äussern Nase und der Nasenhöhle nebst den Muscheln, die knöcherne Nasenscheidewand, ein Theil des Oberkiefers und des Jochbeins weggenommen worden waren, und dem auch zugleich das *Antrum Highmori* nach innen und nach vorn geöffnet worden war. Er sah, dass der weiche Gaumen beim Schlucken nach oben steigt, sich horizontal vom harten Gaumen aus fortsetzt und in seiner Mitte sich selbst etwas nach oben wölbt; sein hinterer Rand setzte sich gewölbt in die hintere Wand der Schlundkopfhöhle fort und hatte in der Mitte eine schwache Wölbung von der *Uvula*. Beim kräftigen Schlucken stiess der weiche Gaumen rechtwinklich an die hintere Wand der Schlundkopfhöhle, und darüber erhob sich die *Uvula* manchmal noch um 3 Linien, immer mit der Spitze an den Schlundkopf stossend. —

Dieses Heben des Gaumensegels lässt sich nach *Debrou* (*Thèses de* 1841. *Nr.* 266) durch einen einfachen Versuch nachweisen. Führt man nämlich durch die Nasenhöhle ein Stilet ein, so senkt sich dessen vorderes Ende beim Schlucken, und dies rührt von einem Gehobenwerden des weichen Gaumens her, auf welchem das hinterste Ende des Stilets ruht.

Kobelt (*Froriep's* Notizen 1840. Nr. 345) und *Nöggerath* (*De voce, lingua, respiratione, deglutitione observationes quaedam.* 1841. *p.* 11) hatten Gelegenheit, einen Mann zu untersuchen, bei welchem durch eine von einem Säbelhiebe zurückgebliebene ovale Oeffnung in der *Regio suprahyoidea* und *infrahyoidea*, welche fast 2 Zoll hoch und einen guten Zoll breit war, der Kehldeckel, die Ränder der Zungenwurzel und längs dieser der Schlundkopf mit dem Gaumensegel und die Mundhöhle übersehen werden konnten. *Platysma myoides*, *Mylohyoideus*, *Geniohyoideus* und *Baseoglossus* waren von der Verwundung mitbetroffen, und deshalb war der Kehlkopf dem Zungenbeine stark nach mit unten gesunken. Sie nahmen nun wahr, dass die hintere Schlundkopfwand sich den hintern Bögen des Gaumensegels nähert und sich an dieselben anlegt. Bereits *Gerdy* (*Bulletin universel. Janv.* 1830. *p.* 33) hatte beschrieben, wie der *Constrictor pharyngis superior*, das Gaumensegel mit umfassend, sich zusammenzieht und des Bissens sich bemächtigt, und er bemerkt, dass der Schlundkopf dabei das Gaumensegel mit verschlucken würde, wenn dasselbe nicht am harten Gaumen befestigt und horizontal ausgespannt wäre. Bei einem Mädchen mit angeborener Spaltung des Gaumensegels sah *Debrou*, dass unmittelbar nach einer vorgängigen Schluckbewegung eine Querfalte des Schlundkopfes sich zu den hintern Gaumenbögen erstreckte. Diese Falte war wahrscheinlich nichts anderes, als der obere Rand des *Constrictor pharyngis superior*. Die anatomischen Untersuchungen *Tourtual's* (Neue Untersuchungen über den Bau des Schlund- und Kehlkopfes u. s. w. 1846. S. 86) stehen mit dieser Wirkung des obersten Theils des Schlundkopfes vollkommen im Einklange.

Ueber den Nutzen des Kehldeckels zur Abschliessung der Luftwege ist viel gestritten worden. Es ist klar, dass, wenn Zungenbein oder Kehlkopf unter der Zungenwurzel sich vor- und rückwärts bewegen, der Zugang zu den Luftwegen, auch ohne Kehldeckel, unter günstigen Umständen gehörig abgeschlossen werden kann, und es ist daher nicht auffallend, wenn *Magendie* (*Mém. sur l'usage de l'épiglotte dans la déglutition. Paris* 1813) fand, dass Thiere, welche kräftig und hastig schlucken, nach dem Ausschneiden des Kehldeckels noch regelmässige Schluckbewegungen ausführen. Indessen beobachtete *Reichel* (*De usu epiglottidis. Berol.* 1816) alsdann doch einige Störung, und *Longet* (*Recherches expérimentales sur les fonctions de l'épiglotte. Par.* 1841) giebt bestimmt an, dass Hunde nach dem Ausschneiden der *Epiglottis* feste Substanzen zwar noch recht gut schlucken können, dass ihnen aber Flüssigkeiten in den Kehlkopf fallen und heftigen Husten veranlassen. Auch vom Menschen sind, im Widerspruch mit *Magendie's* Angaben, Fälle bekannt, wo das Schlucken nach der Zerstörung des Kehldeckels sehr mühsam war. (*Rudolphi's* Physiologie. Bd. 2. S. 378.) — Aus diesem Nutzen der *Epiglottis* ergiebt sich zugleich, dass die Verengerung der Stimmritze, wenn eine solche beim Schlucken eintritt, nicht genug gegen das weitere Vordringen der Speisen in den Kehlkopf sichert. *Nöggerath* beobachtete, dass sich der Kehldeckel bereits über die Oeffnung des Kehlkopfes hinlegt, bevor sich noch der Bissen diesem genähert hat, und die verschiedenen Muskelfasern, welche *Theile* als *Reflector epiglottidis* zusammengefasst hat, machen es begreiflich, dass die *Epiglottis* sich senkt, bevor sie noch durch die sich umbiegende Zunge niedergedrückt wird.

Der Durchgang des Bissens durch die Speiseröhre erfolgt durch eine peristaltische, von oben nach unten fortschreitende Contraction derselben. *Volkmann* (*Müller's* Archiv 1841. S. 346) betrachtete diese Contraction als eine der willkürlichen oder reflectorischen Zusammenziehung des Schlundkopfes associirte, in sofern also als eine willkürliche. Sie setzt sich von dem contrahirten Pharynx aus regelmässig nach unten fort. Dass auch durch Reflexion eine vollkommene Schluckbewegung zu Stande kommen kann, das hat sich aufs

Deutlichste bei den Versuchen von *Ludwig* und *Wild* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 5. S. 87) herausgestellt. Wenn diese bei einem durch Einspritzen von Opium bewusstlos gemachten Thiere die Hinterfläche des Gaumensegels, die Umgebung der Choanen, oder die vordere oder hintere Wand des Pharynx reizten, so beobachteten sie Contractionen des letztern, wobei oftmals das Zungenbein mit der Zunge sich hob, und nicht selten eine bis zur Cardia sich fortpflanzende peristaltische Contraction des Oesophagus eintrat. Manchmal tritt auch bei bewusstlosen Thieren eine vollständige Schluckbewegung automatisch ein, ohne eine bekannte Veranlassung. Kann nun eine vollständige Schluckbewegung als Reflexion von einem Reize im Schlundkopfe zu Stande kommen, so ist es klar, dass das willkürliche Schlucken, wie oben angegeben, durch den vom Bissen im Pharynx gesetzten Reiz unterstützt wird, und eine solche Unterstützung ist nöthig, wenn viele Male hinter einander die Schluckbewegung ausgeführt werden soll. Auffallend ist es, dass im grössten Theile des Oesophagus durch einen eingeführten Bissen (oder ein Wachskügelchen) selten Reflexbewegung zu Stande kommt. *Volkmann* hatte sie gar nicht wahrgenommen, und deshalb betrachtete er die Contraction des Oesophagus als eine dem willkürlichen Schlucken associirte Bewegung. Sicherlich ist sie auch nicht blos eine durch den Reiz des fortbewegten Bissens hervorgerufene Reflexbewegung. *Ludwig* und *Wild* fanden aber, dass nach querer Durchschneidung des Oesophagus an einer Stelle die Schluckbewegung sich nicht weiter abwärts fortsetzt. Mithin kann es auch nicht wohl eine associirte Bewegung sein, da jene Durchschneidung hierauf nicht von Einfluss sein kann. Sie suchten diese Thatsachen in der Hypothese zu vereinigen, die Zusammenziehung eines höhern Abschnittes des Oesophagus wirke als Reiz, wodurch Contraction eines tiefern Abschnittes reflectorisch zu Stande kommt. Mit dieser Hypothese stimmt auch die langsam fortschreitende Bewegung besser, als mit der Vorstellung einer associirten Bewegung. Indessen veranlasst Reizung der Schleimhaut, wenigstens in den tieferen Theilen des Oesophagus, auch Reflexbewegung, die, wenn der Reiz sich weiter ausbreitet, auch zur peristaltischen Bewegung wird. Demnach wird die Anwesenheit des Bissens auch die Contractionen begünstigen. Dass indessen diese Hypothese auch noch ihre Schwierigkeiten hat, die sich durch Nebenhypothesen kaum beseitigen lassen, das haben sich *Ludwig* und *Wild* kaum verhehlt. Ohne Zweifel bedarf der Nervenmechanismus bei den Bewegungen der Speiseröhre noch näherer Untersuchung. — Antiperistaltische Bewegungen beobachtet man nicht am Oesophagus, auch nicht beim Erbrechen. *Magendie* hat am untersten Theile der Speiseröhre, nachdem die Speisen in den Magen übergegangen waren, rhythmische Contractionen beobachtet, und *Joh. Müller* (Physiologie Bd. 1. S. 482) hat diese ebenfalls wahrgenommen. Sie geschehen von oben nach der Cardia hinab und schnell, dauern ungefähr 30 Secunden, aber um so länger (bis zu 10 Minuten), je voller der Magen ist. Wir sahen im untersten Theile der Speiseröhre von Reizungen des Magengrundes Bewegungen entstehen.

Die Muskelhaut und Schleimhaut des Oesophagus sind durch ein lockeres, dehnbares Bindegewebe verbunden, so dass die Schleimhaut, während der Bissen durchtritt, durch die Zusammenziehung der Muskelhaut sich etwas verschieben kann. *Richerand* (*Physiologie*. 10*me Ed. p.* 235) sah bei einer Frau mit Magenspeiseröhrenfistel, dass die Schleimhaut einen Vorsprung in den Magen bildete, der sich aber bald wieder verlor, wahrscheinlich unter Beihülfe der Schleimhautmuskelschicht. Die Cardia leistet einen gewissen Widerstand, der durch Contraction der Speiseröhre überwunden werden muss. Dies ergiebt sich ganz deutlich aus den Versuchen von *Bidder* und *Schmidt* (§ 83): nach der Durchschneidung der Vagi, welche eine Lähmung des Oesophagus zur Folge hatte, häufte sich das Verschluckte im untern Theile des Oesophagus an und wurde dann durch Erbrechen wieder ausgeworfen. Dass der Widerstand der Cardia nicht immer gleich gross ist, das ergiebt sich aus den Untersuchungen von *Magendie* und von *Joh. Müller*. Vielleicht ist der Druck von den Schenkeln des Zwerchfells beim Einathmen dem Durchgange auch einigermassen hinderlich.

Verschiedene Nerven (*Portio minor Trigemini*, *Facialis*, *Glossopharyngeus*, *Vagus*, *Accessorius Willisii*) sind bei den Schluckbewegungen thätig. Davon wird bei der Function dieser Nerven die Rede sein.

§ 115 Bewegungen des Magens.

Die Wandungen des Magens legen sich immer an einander, oder sie sind mit den darin enthaltenen Stoffen in Berührung. Im leeren Zustande ist der grosse Bogen des Magens nach unten gerichtet (Fig. 79. *d*), der kleine Bogen aber (*e*) sieht nach oben. In dem Maasse, als der Magen sich füllt, dreht er sich mehr und mehr nach vorn um eine Axe, die durch die *Cardia* (*b*) und den *Pylorus* (*f*) geht, und bei starker Anfüllung sieht daher der grosse Bogen nach vorn, der kleine nach hinten. Die *Cardia* wird dadurch mehr und mehr abgeschlossen, der Uebertritt der Substanzen in den Zwölffingerdarm muss aber durch diese Lage begünstigt werden. Sind nun aber Speisen im Magen, so ist der *Pylorus* zuerst stark zusammengezogen, so dass selbst, wenn der Magen ausgeschnitten wird, hier keine Substanzen ausfliessen. Der stark wirkende *Sphincter pylori* mit der *Valvula pylori*, in welche sich Muskelfasern fortsetzen, erklärt dieses Schliessen, während die in allen Richtungen verlaufenden Muskelfasern die Magenwandungen sonst gleichmässig an die enthaltenen Substanzen andrücken. Die Muskelfasern sind um so stärker contrahirt, je stärker reizend die Speisen auf die Schleimhaut wirken, und deshalb ist die Contraction zu Anfang der Magenverdauung am kräftigsten. Bei Hunden und Katzen zeigt sich dann nicht selten eine ringförmige Einschnürung ungefähr in der Mitte zwischen *Cardia* und *Pylorus*, wodurch die *Portio pylorica* einigermassen von dem übrigen Magen getrennt wird. Durch locale elektrische Reizung lässt sich dieser Zustand hervorrufen.

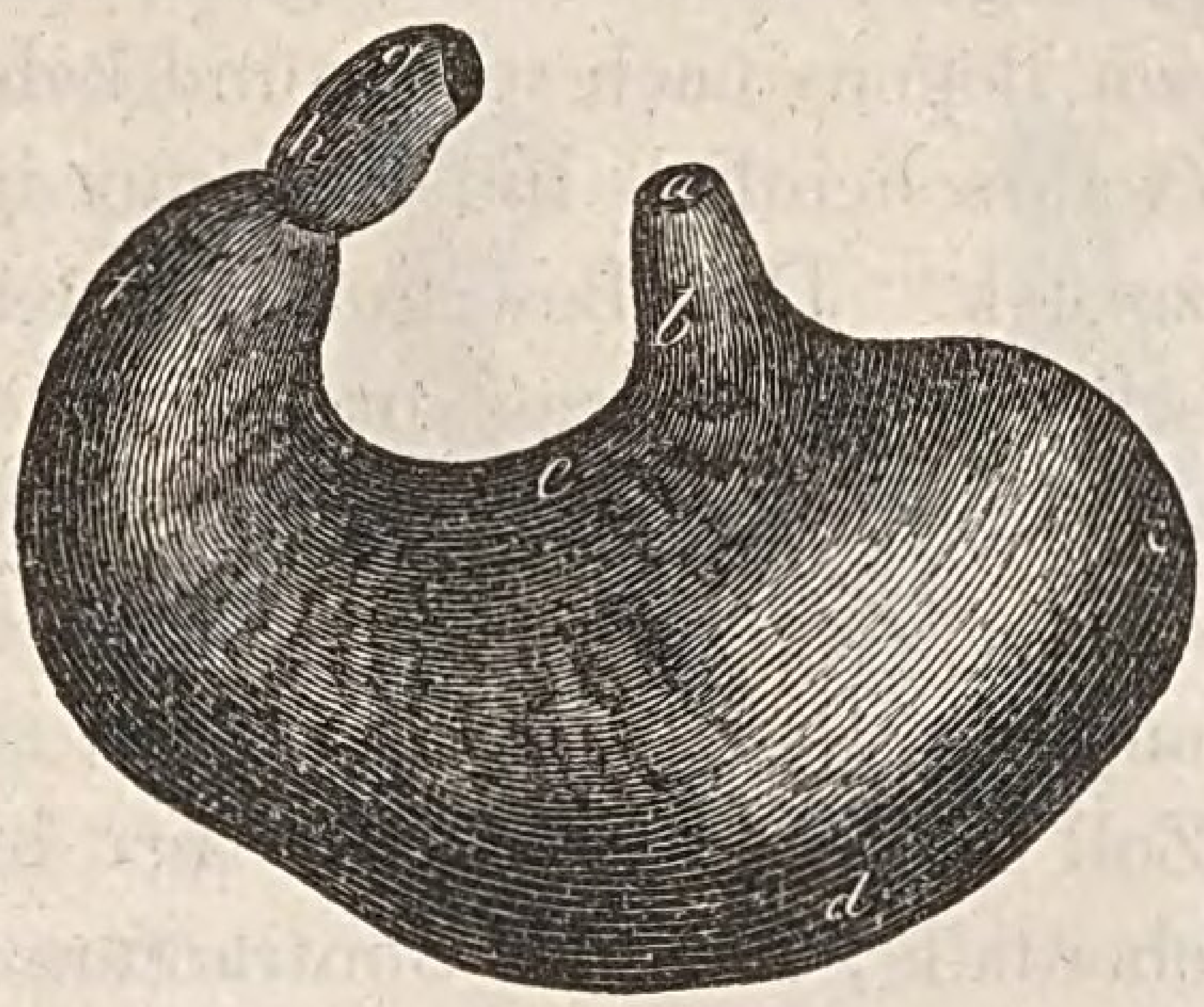


Fig. 79.

Oeffnet man bei einem kurz zuvor getödteten Thiere die Bauchhöhle, so bemerkt man sogleich durch den Reiz der atmosphärischen

Fig. 79. Magen eines erwachsenen Menschen; nach *Valentin*. *a* Durchschnittene Speiseröhre. *b* Magenmund. *c* Magengrund. *d* Grosse Curvatur. *e* Kleine Curvatur. *f Portio pylorica*. *g* Durchschnittener Zwölffingerdarm. *h Pylorus*.

Luft starke wurmförmige Bewegungen der Gedärme; der Magen aber bleibt fast gleichmässig um seinen Inhalt contrahirt. Indessen werden die enthaltenen Stoffe durch Contractionen, welche meistens an der *Portio pylorica* am stärksten sind, längs der Magenfläche hinbewegt. *Beaumont* (s. § 78) meint aus den Bewegungen der Kugel eines Thermometers, welches er bei seinem Canadischen Jäger in die Magenfistel eingeführt hatte, schliessen zu dürfen, die in den Magen gelangten Speisen bewegten sich vom Blindsacke aus längs des grossen Bogens nach rechts und kehrten dann längs des kleinen Bogens (wahrscheinlich indessen nur im Centrum) von rechts nach links zurück. Die Bewegung dauerte 1 bis 3 Minuten und erfolgte schneller bei etwas vorgeschrittener Verdauung. Starke Zusammenziehungen, immer mit Erschlaffung abwechselnd, nahm *Beaumont* in der *Regio pylorica* wahr: die Kugel des eingebrachten Thermometers wurde hier von Zeit zu Zeit sehr fest gehalten und 3 bis 4 Zoll weit nach dem Pförtner hingetrieben. *Magendie* beobachtete ebenfalls, dass der Contraction der *Portio pylorica*, wodurch der Chymus nach dem *Fundus* hinbewegt wird, eine von links nach rechts fortschreitende Contraction nachfolgt, welche den Chymus gegen das *Duodenum* hintreibt, so dass nun die flüssigern Theile desselben durch den mehr oder weniger geöffneten *Pylorus* hindurchtreten. Schreitet eine Contraction nach dem *Pylorus* fort, so müssen gerade die durch den Magensaft am meisten erweichten und aufgelösten Stoffe von der Oberfläche der Speisemasse fortbewegt werden, während die festen Substanzen in der Mitte zurückbleiben und den Magengrund ausdehnen. Dem zu Folge befinden sich die mehr verflüssigten Theile vorzugsweise in der *Regio pylorica*. Die wurmförmigen Zusammenziehungen der *Regio pylorica* erstrecken sich in dem Maasse weiter nach rechts, als die Verdauung fortschreitet.

Wenn der *Pylorus* Anfangs kraftvoll geschlossen ist und nur dann sich einigermassen öffnet, wenn der Mageninhalt durch die wurmförmigen Contractionen gegen ihn andrängt, so verliert er doch allmählig seine Spannung. Flüssiges und Fett treten schon frühzeitig in den Dünndarm. Der breiartige Chymus tritt erst langsam aus dem Magen. Zuletzt erschlafft der *Pylorus* so, dass auch feste unlösliche Körper, Kirschkerne, zufällig verschluckte Geldstückchen u. s. w. in den Darm übertreten können.

Ist Luft verschluckt worden oder findet im Magen eine reichliche Gasentwickelung statt, so entweicht die Luft oftmals mittelst

Aufstossen durch die *Cardia* und dabei tritt nicht selten etwas Flüssigkeit aus. Unter manchen Umständen kommt es aber auch zum Erbrechen, wodurch feste und flüssige Substanzen durch die *Cardia* aus dem Magen heraustreten. Luftentwickelung im Magen befördert das Erbrechen, weil die *Cardia* dadurch leicht eröffnet wird. Je grösser der Blindsack des Magens ist, um so schwerer wird dessen Inhalt durch Erbrechen entleert. Deshalb erbrechen sich kleine Kinder, an deren Magen kaum noch ein *Fundus* entwickelt ist (Fig. 80), viel leichter als Erwachsene. Das Erbrechen kommt dadurch zu Stande, dass der Magen bei geschlossnem *Pylorus* sich kräftig contrahirt. Dabei ist aber auch noch ein Druck auf den Magen nöthig, der dadurch zu Stande kommt, dass sich die Bauchhöhle durch gleichzeitige Contraction der Bauchmuskeln und des Zwerchfells verengert. Diese Contractionen sind krampfhaft und unwillkürlich. Durch willkürliche Contraction dieser Muskeln lässt sich jedoch kein gewünschtes Erbrechen erzielen. Mit Unrecht behauptet *Magendie*, beim Erbrechen wirkten nur die Bauchmuskeln und das Zwerchfell und die Contraction des Magens selbst habe dabei nichts zu thun.

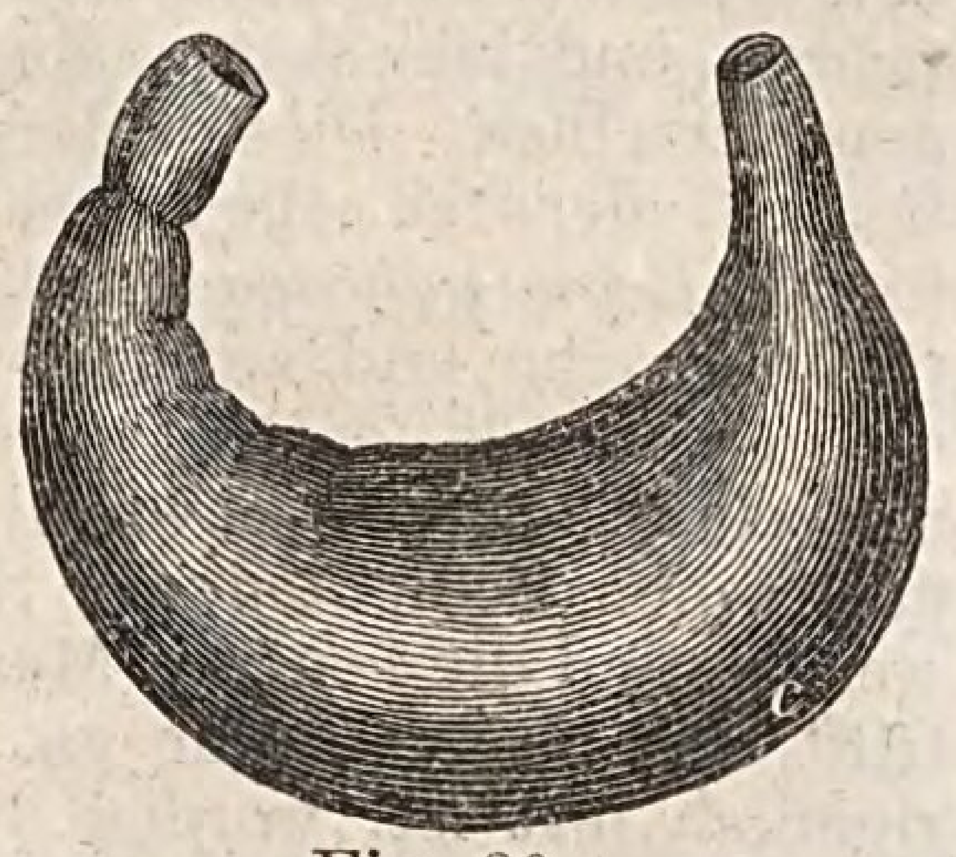


Fig. 80.

Nach Durchschneidung des *Vagus* erfahren die Bewegungen des Magens keine Störung, weil sie unter dem Einflusse des *Sympathicus* stehen.

Die Drehung des sich füllenden Magens wird von *Betz* (Prager Vierteljahrschr. 1853. Bd. I. S. 106) in Abrede gestellt; er nimmt an, dass nur die grosse Curvatur bei starker Anfüllung oder beim Aufblasen sich nach vorn wendet, wenn die Bauchwand geöffnet wird, und dass diese Vorwärtswendung durch Gas im Leerdarme befördert wird. Wir müssen *Betz* darin beistimmen, dass der Mechanismus des Drehens noch nicht vollständig aufgeklärt ist.

Ungeachtet der Thatsachen, welche durch die Untersuchungen von *Beaumont* (a. a. O.), von *Magendie* (*Précis élément. d. Physiologie*), *Budge* (Niederrh. Organ f. d. ges. Heilk. 1841. Bd. 1. S. 134), *Schultz* (*De alimentorum concoctione*), *Todd* und *Bowman* (*Anat. and Phys. of Man. P.* 3. *p.* 195) und andern bekannt geworden sind, hält es doch sehr schwer, sich eine richtige Vorstellung von den Contractionen des Magens und den Bewegungen des Mageninhalts zu machen. Alle stimmen darin überein, wie es unter andern auch *Tiedemann* (Phys. der Verdauung S. 182) nach seinen Versuchen annimmt, dass die stärksten Contractionen in der *Portio pylorica* vorkommen, und dass, wie es *Wepfer* gleich *Tiedemann* und *Gmelin* fanden, der Pylorus Anfangs so stark contrahirt ist, dass selbst aus dem ausgeschnittenen Magen nichts heraustritt. Bei einer sehr abgemagerten Frau konnten *Todd* und *Bowman* sehr deutlich wurmför-

Fig. 80. Magen eines Säuglings, woran noch kein *Fundus* entwickelt ist; nach *Valentin*.

mige Bewegungen der *Portio pylorica* durch die Bauchwand hindurch fühlen, die bei Lebzeiten für peristaltische Darmbewegungen gehalten wurden. Bei Hunden konnten sie dergleichen auch durch galvanische Reizung hervorrufen. Durch die drehenden Bewegungen des Inhalts werden die verschluckten Haare bei Kälbern und Hunden zu Kugeln (*Aegagropilae*) zusammengerollt (*Hunter, Experiments and Observations p.* 110).

Es ist die Frage, ob im Magen auch abwechselnd antiperistaltische Bewewegungen vorkommen. *Magendie* will dergleichen beobachtet haben. Es erscheint uns aber zweifelhaft, ob sie im normalen Zustande bei Nichteröffnung der Bauchhöhle wirklich vorkommen. (S. besonders *Brinton* in *Lond. med. Gazette.* 1849. *Vol.* 8. *p.* 1024.) *Beaumont* giebt blos an, dass die Kugel des eingeführten Thermometers zuweilen mit Kraft nach dem Pylorus hin getrieben und hier festgehalten wurde; er spricht aber von keinem Zurückdrängen derselben. Dies widerstreitet einer antiperistaltischen Bewegung. Dazu kommt, dass es sehr schwer einzusehen ist, wie der flüssige Mageninhalt sich in der *Regio pylorica* anhäufen sollte, wenn die Contractionen abwechselnd peristaltische und antiperistaltische wären. Denken wir uns die Magenwandungen um die enthaltenen Substanzen gleichmässig contrahirt und dass allemal eine Contraction von links nach rechts fortschreitet, so müssen die oberflächlichen Schichten des Speiseklumpens nach dem Pylorus hin getrieben werden und die festeren Massen müssen zurückbleiben, bis auch sie die Reihe trifft, am Magengrunde an die Oberfläche zu gelangen. So lange der Inhalt ziemlich fest ist, werden die schwächeren Muskellagen in der rechten Hälfte des Magens durch ihre Contraction keine auffallende Formveränderung hervorrufen und nur allein in der *Regio pylorica* wird die Contraction deutlich wahrgenommen werden. Sobald aber der Inhalt flüssiger geworden ist, werden die sichtbaren Contractionen näher dem *Fundus* anfangen, weil die schwächeren Muskellagen jetzt auch schon im Stande sind, eine Formveränderung zu bewirken. Damit stimmt auch die Beobachtung.

Auf den ersten Blick scheint unsere Annahme keine Erklärung für die Beobachtung *Beaumont's* zu geben, dass sich die Speisen längs des grossen Bogens von links nach rechts bewegen und längs des kleinen Bogens von rechts nach links, was *Schultz* (*De alimentorum concoctione*) für Thiere mit grossem *Fundus ventriculi* ebenfalls annimmt, vielmehr sollten die Substanzen bei unserer Annahme längs der ganzen Oberfläche des Magens fortwährend nach dem Pylorus sich hinbewegen und in der Axe des Magens nach dem Blindsacke zurückkehren. Erwägt man aber, wo die Fistelöffnung bei dem von *Beaumont* beobachteten Manne befindlich war, so ergiebt sich, dass das Thermometer kaum bis an die kleine Curvatur eingeführt werden konnte, und dass es dabei jedenfalls durch die Axe des Mageninhalts hindurchtreten musste. Die Richtung der Masse in der Axe musste sich also am stärksten geltend machen, und deshalb glaubte *Beaumont*, die Substanzen bewegten sich längs der kleinen Curvatur von rechts nach links.

Die Erklärung des Erbrechens verlangt ebenfalls keine antiperistaltischen Contractionen. Ist die Contraction eine allgemeine oder schreitet sie selbst von links nach rechts fort, so wird der Mageninhalt eben so gut gedrückt und ausgetrieben werden, sobald nur die *Cardia* keinen hinreichenden Widerstand leistet. (*Brinton* a. a. O.) Ueber das Erbrechen hat *Budge* (Die Lehre vom Erbrechen, nach Erfahrungen und Versuchen. 1840) ausführlich gehandelt. Auch *Valentin* (Physiologie Bd. 1. S. 273) und *Todd* und *Bowman* (*Anat. and Phys. of Man. P.* 4. *p.* 211) sind darüber zu vergleichen.

Die ältern Versuche für und wider *Magendie's* Behauptung, dass die Contractionen des Magens am Erbrechen keinen Theil haben, sind von *Lund* (Phys. Resultate der Vivisectionen neuerer Zeit. 1825) gesammelt worden. *Rudolphi* (Physiologie Bd. 2. S. 123) und *Joh. Müller* (Phys. Bd. 1. S. 486) haben die *Magendie*'sche Behauptung hinreichend widerlegt. *Valentin* (*Canstatt's* Jahresbericht 1846. S. 141) weist nach, dass sie auch durch die Untersuchungen von *Rühle* (*Traube's* Beiträge Bd. 1. S. 1 u. fg.) keineswegs gestützt wird.

§ 116. Bewegungen der dünnen Gedärme.

Wird bei manchen Thieren, z. B. beim Kaninchen, die Bauchhöhle geöffnet, so erblickt man alsbald die Gedärme in lebendiger Bewegung. Hier verengen, dort erweitern sie sich, — Einschnürung und Erschlaffung folgen schneller oder langsamer auf einander, — einzelne Darmschlingen dehnen sich aus, krümmen sich über andere weg und reizen auch diese wiederum zu Contractionen an. Reizt man auf die eine oder die andere Weise die blosgelegten Gedärme, so entsteht jederzeit eine örtliche Einschnürung, die sich nicht selten mehrmals hinter einander wiederholt und aufs Neue auftritt, manchmal auch in peristaltischer Richtung fortschreitet.

Bei ungestörtem Blutumlaufe und wenn die Bauchhöhle nicht geöffnet ist, sind diese Bewegungen allerdings schwächer; sie fehlen aber nicht ganz. Die Darmwände liegen dabei bleibend an einander und schliessen sich an ihren Inhalt an. Ist Luft in den Gedärmen, so kann diese bisweilen auf hörbare Weise ihren Platz verändern. Bei sehr magern Individuen kann man die Bewegungen durch die Bauchwand hindurch wahrnehmen, und die Versuche, welche *Ludwig* und *Schwarzenberg* bei Hunden mit Darmfisteln anstellten, wiesen nach, dass diese Bewegungen zu unbestimmten Zeiten wiederkehren und durch Reizung der Schleimhaut verstärkt werden. Sie scheinen immer peristaltisch zu sein.

Durch diese Contractionen wird der Inhalt des Dünndarms langsam und regelmässig fortbewegt, so dass die absorbirbaren Substanzen über die ganze Schleimhautfläche des Dünndarms hin ausgebreitet werden. Jene Schicht, welche mit der Schleimhaut in Berührung ist, wird langsamer fortbewegt, zumal im *Jejunum* mit den *Valvulae conniventes*, während indessen bei reichlicher Zufuhr aus dem Magen die mehr in der Axe gelegnen Substanzen das Ileum erreichen. So kommt die aufsaugende Oberfläche mit den enthaltenen Substanzen in innige Berührung. Aus der wechselnden Richtung der Gedärme ist zu entnehmen, dass die Fortbewegung des Inhalts hauptsächlich durch Muskelcontraction erfolgt, die Schwerkraft aber dabei kaum in Betracht kommt. Ist aus der einen oder der andern Ursache Verstopfung eingetreten, dann bewegt sich der Darminhalt in entgegengesetzter Richtung und er tritt aus dem Dünndarme in den Magen, ja selbst wohl aus den dicken in die dünnen Gedärme. Diese Rückwärtsbewegung fordert aber keine antiperistaltische Contraction.

Die peristaltische Bewegung erfolgt durch eine fortschreitende Contraction der Ringfasern, während die Längsfasern, welche den Darm verkürzen, mehr zu dessen Ortsveränderung dienen, wobei sich die äusseren Flächen verschiedener Darmstücke über einander hinschieben. Am Dünndarme sind *Jejunum* und *Ileum* wegen ihres langen Gekröses am meisten beweglich. Das *Duodenum* ist grösstentheils befestigt, und kann deshalb den Ort nicht verändern; in dasselbe ergiesst sich die Galle mit dem pankreatischen Safte. Die Ausführungsgänge dieser Flüssigkeiten verlaufen zum Theil zwischen den Darmhäuten und platten sich demnach bei der Contraction des Darmes ab. In diesem Momente kann weder Galle noch Bauchspeichel in den Darm fliessen, noch können umgekehrt Substanzen aus dem *Duodenum* in die Ausführungsgänge treten.

Die intermittirenden Bewegungen der Gedärme stehn unter dem Einflusse des Nervensystems, und durch Reflexion von einer stattfindenden Reizung der Schleimhaut werden sie kräftiger. Reizmittel können demnach die Bewegungen verstärken, aber nur während der Periode von Beweglichkeit, die an keine bestimmte Zeit gebunden ist. Vielleicht steht diese Beweglichkeit mit Modificationen des Darmkreislaufs im Zusammenhange. — Eine mässige Ausdehnung der Muskelwandungen durch den Darminhalt dient ebenfalls zur Erregung von Contractionen. Directe Reizung des *Plexus solaris* oder der *Ganglia semilunaria* veranlasst stärkere Bewegungen. Die wichtige Beobachtung *Pflüger's*, dass Reizung der *Nervi planchnici* die Bewegung des Dünndarms aufhebt, die dann nach dem Aufhören der Reizung kräftiger wird, bedarf zunächst noch einer weitern Bestätigung.

Eine bekannte Sache ist es, dass die Gedärme die stärkste peristaltische Bewegung zeigen, wenn sich die Thiere verblutet haben. *Schiff* (*Froriep's* Tagsberichte. 1851. Nr. 327) glaubt deshalb auch, der Grund der peristaltischen Bewegung, die manchmal an den blosgelegten Därmen auftritt, sei weder in der reizenden Luft, noch in der Abkühlung, noch in der Verdunstung, noch auch mit *Brown-Séquard* (*Gaz. méd. de Paris* 1851. *p.* 645) in einer Reizung durch das venöse Blut zu suchen, sondern nur in der gestörten Blutbewegung in den Darmgefässen. Durch Comprimirung der Aorta unterhalb des Zwerchfells geriethen die Gedärme bei lebenden Thieren eben so stark in Bewegung als nach dem Tode, und hörte der Druck auf, dann kamen sie wieder in Ruhe. *Betz* (Zeitschr. f. rat. Med. 1851. Bd. 1) wiederholte den letztern Versuch ohne Erfolg; er glaubt den von *Schiff* angegebenen Einfluss bestimmt einem Blutmangel in den Gedärmen zuschreiben zu müssen, und eine Blutanhäufung soll die Contraction mechanisch hemmen. — Nur Einmal, bei einer Katze, beobachteten wir den nämlichen Erfolg von der Compression der Aorta, wie *Schiff*. Manchmal entstanden auch durch Druck auf die Pfortader stärkere Bewegungen, und deshalb sind wir eher geneigt, in jeder Veränderung des Blutumlaufs eine Veranlassung zu Contractionen zu finden, nicht aber in der Anämie oder Hyperämie. *Betz* fand Hunde zu diesen Untersuchungen we-

niger geeignet, weil die peristaltischen Bewegungen bei diesen Thieren schwach sind. Gerade deshalb aber geben wir Hunden und Katzen den Vorzug. Bei Kaninchen wenigstens sind die Bewegungen schon während des Lebens in den dünnen Gedärmen und zumal im untersten Theile der dicken so anhaltend, dass die Einwirkung verschiedener Einflüsse schwer zu beurtheilen ist.

Es steht jedoch fest, dass auch während des Lebens im normalen Zutsande bestimmte peristaltische Bewegungen nicht fehlen; manche haben sie auch beim Menschen wahrgenommen, so namentlich *Betz* (a. a. O.) in zwei Fällen. Die Versuche, welche *Ludwig* und *Schwarzenberg* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 8. S. 316) bei Hunden mit künstlichen Darmfisteln anstellten, sind vollkommen überzeugend. Ein Wachskügelchen wurde mittelst eines metallenen Drahts durch die Fistel nach dem Magen zu in den Darm eingeführt, ein anderes in den Darm nach dem After hingeschoben: das erstere bewegte sich nach der Fistel hin, das zweite von der Fistel weg, und niemals in entgegengesetzter Richtung, kleine Schwankungen abgerechnet. Ein Druck auf die Bauchwand hatte darauf keinen Einfluss. Beim Schreien eines Hundes mit einer Darmfistel sahen wir indessen den Darminhalt allemal in grösserer Menge austreten; mithin kann die Contraction der Bauchmuskeln auf die Fortbewegung des Inhalts nicht ohne Einfluss sein.

Nach *Brinton* (*Lond. med. Gazette. Vol.* 9. *p.* 9. 57) ist es sehr wahrscheinlich, dass im Darmkanale nur peristaltische Bewegungen vorkommen und keine antiperistaltischen. Selbst dann, wenn bei vollkommener Verstopfung der Koth zuletzt aus den dicken Gedärmen nach oben steigt und ausgebrochen wird, glaubt er diese Rückwärtsbewegung des Darminhalts durch peristaltische Contraction erklären zu können, wobei auch nach *Betz* (Würtemb. Correspondenz-Blatt 1850. Nr. 19—21) die Wirkung der Bauchmuskeln mit in Betracht kommt. Soviel steht fest, dass, wenn bei einer Contraction des Darms, wie diese auch zu Stande kommen mag, die Substanzen nicht weiter getrieben werden können, sie eine rückschreitende Bewegung in der Richtung der Darmaxe ausführen müssen. *Betz* sowohl als *Ludwig* und *Schwarzenberg* kamen zu dem Resultate, dass gar keine oder doch kaum merkbare antiperistaltische Bewegungen vorkommen.

Der Darminhalt bewegt sich indessen wohl etwas auf und ab. Die *Valvulae conniventes*, welche im *Jejunum* und im untersten Theile des *Duodenum* die stärkste Entwickelung zeigen, besitzen auf beiden Flächen eine mit Zotten versehene Schleimhaut, die wir beim Menschen gleichmässig mit absorbirtem Fette angefüllt fanden. Käme nicht alternirend eine Aufwärtsbewegung des Darminhalts mit vor, dann wären die freien Ränder dieser Falten immer nach abwärts gerichtet und es könnte ihre untere Fläche nicht mit dem Darminhalte in Berührung kommen. Vielleicht sind die schwankenden Bewegungen, welche *Schwarzenberg* und *Ludwig* am Darminhalte als Folge des Ein- und Ausathmens wahrnahmen, schon ausreichend, jene Falten im *Jejunum* aufzurichten. Ausserdem können die *Valvulae conniventes* bei einer stärkern Ausdehnung des Darmes durch Luft oder durch andere Substanzen ihre freien Ränder der Axe des Darmes zukehren, und dazu kann auch die Schleimhautmuskelschicht, welche hier nicht fehlt, mit beitragen. Es nöthigt uns also nichts dazu, antiperistaltische Bewegungen anzunehmen.

Den Grund, warum die Bewegung, welche unter dem unmittelbaren Einflusse des *Ganglion coeliacum* steht (*Müller's* Physiologie Bd. 1. S. 490. *Todd* und *Bowman* a. a. O. *P.* 3. *p.* 145 u. *P.* 4. *p.* 237), eine peristaltische ist, kennt man nicht. Vielleicht wirkt die Contraction selbst als Reiz, wodurch ein folgender Abschnitt in Contraction versetzt wird. (S. §. 114 über die peristaltische Bewegung des Oesophagus.) Noch räthselhafter ist die Intermission. Alle Versuche, näher zu bestimmen, wann die Darmbewegungen sich einstellten, blieben in den Versuchen von *Ludwig* und *Schwarzenberg* fruchtlos; ausser diesen Perioden waren auch starke Reizungen der Schleimhaut nicht im Stande, Contraction hervorzurufen. Nur soviel glaubten sie feststellen zu können, dass die peristaltischen Bewegungen nur allmählig zu Stande kommen, 4 bis 6 Stunden nach der Mahlzeit. Schon bei früheren Versuchen, die unter *Ludwig's* Lei-

tung angestellt wurden (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 5. S. 119), ergab sich in Betreff der Rückwirkung auf Reize eine unfassbare Unregelmässigkeit.

Wir glaubten früher, in der Darmcirculation, welche durch *Brown-Séquard* und durch *Schiff* als neues Element eingeführt wurde, möge vielleicht der Schlüssel für viele Unregelmässigkeiten enthalten sein. Mit mehr Vertrauen sehen wir jetzt der Fortsetzung der wichtigen Versuche *Pflüger's* entgegen, welche von *Dubois Reymond* der Berliner Akademie (Monatsberichte. Juli 1855 und *Schmidt's* Jahrb. 1856. Heft 1. S. 15) mitgetheilt wurden. Sie beweisen, dass in gleicher Weise, wie die Herzthätigkeit durch Reizung der *Vagi* unterdrückt wird, Reizung der *Splanchnici* hemmend auf die peristaltische Bewegung der dünnen Gedärme wirkt. Wenn beim Kaninchen die Haut weggenommen und das Rückenmark gereizt wird, indem die Electroden auf den Dornfortsatz des fünften oder sechsten Halswirbels und des zehnten oder eilften Brustwirbels zu liegen kommen, so hört die peristaltische Bewegung der dünnen Gedärme augenblicklich auf. Nach dem Aufhören des Reizes stellt sich aber die Contraction mit grösserer Lebhaftigkeit als zuvor ein. Wurden die *Splanchnici* vor der Reizung durchschnitten, dann bewirkt diese keine Sistirung der peristaltischen Bewegungen. Wird ein blosgelegter *Splanchnicus* gleich oberhalb des *Ganglion coeliacum* gereizt, so erfolgt ebenfalls unmittelbar ein Stillstand der peristaltischen Bewegungen. — Auf die Bewegungen des Dickdarms üben die *Splanchnici* keinen Einfluss.

§ 117. Bewegungen der dicken Gedärme und Stuhlentleerung.

Aus dem untersten Theile des *Ileum* gehen die im Allgemeinen schon festeren Stoffe ins *Coecum* über. Das *Ileum* mündet auf der linken Seite des Dickdarms ein, an der Grenze zwischen *Coecum* und *Colon*, und so werden jene Stoffe vorher ins *Coecum* herab kommen, bevor sie ins *Colon adscendens* aufsteigen. Im Dickdarme bewegen sich die Substanzen viel langsamer fort als im Dünndarme. In höchstens 2 bis 3 Stunden kommen sie aus dem Magen bis an den Dickdarm, und gewöhnlich verlaufen 24 Stunden, bevor die Residuen der Speisen durch den After austreten. Diese langsamere Bewegung kann verschiedene Ursachen haben: 1) die grössere Festigkeit der Substanzen; 2) die *Plicae sigmoideae* der grossen *Haustra s. Cellulae coli*, welche sich wegen der Verkürzung der Längsmuskelfasern (*Taeniae coli*) bilden und aus allen übrigen Darmhäuten zusammengesetzt sind; 3) vielleicht auch die trägere peristaltische Bewegung. Diese peristaltische Bewegung verhält sich übrigens ganz gleich wie am Dünndarme. Das *Colon transversum* mit der *Flexura sigmoidea* erfreut sich einer grössern Beweglichkeit als das *Colon adscendens* und *descendens*, welche kaum ein Gekröse besitzen, und das *Coecum* hat bei verschiedenen Individuen eine sehr ungleiche Bewegung.

Zwischen dem Dünn- und Dickdarme befindet sich die contractile *Valvula Bauhini*. Sie besteht aus zwei Falten, in welche beinahe alle Häute beider Därme eingehen und hat eine quer lanzetförmige Oeffnung. Die beiden Falten weichen beim Durchgange

von Substanzen nach dem Dickdarme hin aus einander und bei einem Drucke auf die Oberfläche des Dickdarmes kommen sie zum Schlusse. Demnach treten die Substanzen aus dem Dünndarme leicht in den Dickdarm über; dagegen schliessen die Blätter der Klappe von der andern Seite her oftmals so vollkommen, dass selbst keine Gase aus dem Dickdarme in den Dünndarm aufsteigen.

Im *Colon* bekommen die *Faeces* mehr oder weniger ihre Gestaltung durch die grossen hier vorhandenen Zellen. Verweilen sie hier länger, dann gewinnen sie immer mehr an Consistenz und bei der Entleerung zeigen sie noch die Form dieser Zellen. Gewöhnlich indessen bleiben sie weicher und in dieser Beschaffenheit treten sie in die *Flexura sigmoidea* und ins *Rectum*, wo keine Falten sind.

Die andauernde Contraction des *Sphincter ani externus* hindert das Austreten des Kothes. Bei der Stuhlentleerung (*defaecatio*) wird diese Contraction durch die peristaltische Zusammenziehung der höher gelegnen Muskelfasern, welche im untersten Theile des Dickdarms stark entwickelt sind (§ 75), überwunden, unterstützt zugleich durch die Contraction der Bauchmuskeln und des Zwerchfells, welche die Bauchhöhle verengern und dadurch einen Druck auf die Därme ausüben. Ist der Mastdarm nur mässig durch enthaltene Substanzen ausgedehnt und seine Oberfläche mit Schleim bedeckt, dann erfolgt die Stuhlentleerung fast allein durch Contraction der Muskelfasern des Mastdarms selbst. Durch starke Ausdehnung kann der Mastdarm seine Zusammenziehungsfähigkeit verlieren und dann müssen die Bauchmuskeln vorzugsweise wirken. Das ist eben so der Fall, wenn harte Substanzen, die sich nur schwer fortbewegen, den Mastdarm gar nicht erreichen; Klystiere müssen alsdann besonders zur Entleerung beitragen. Eine Ausdehnung des Mastdarms durch seinen Inhalt veranlasst Drang zur Stuhlentleerung und ruft, zum Theil auch durch Reflexion, die Contraction seiner Muskelfasern hervor. Reizungen der Schleimhaut veranlassen den nämlichen Drang und die Reflexbewegung ist stärker. Die Bauchmuskeln wirken grösstentheils willkürlich. Bei starkem Drange zur Entleerung, bei ungewöhnlicher Reizung der Schleimhaut kann die Defäcation aber auch unwillkürlich erfolgen durch Reflexion.

Neben dem *Sphincter ani externus*, der bei der Stuhlentleerung erschlafft und sich dann wiederum zusammenzieht, betheiligen sich auch noch verschiedene Dammmuskeln, deren Wirkung aber nicht genau ermittelt ist.

Die *Valvula coli* gilt Manchen auch als ein Schliessmuskel, der im contrahirten Zustande den Uebergang von Substanzen aus dem Dünndarme in den

Dickdarm verhindern soll. Hauptsächlich wirkt sie aber, wie ihr anatomisches Verhalten lehrt, als Klappe, die den Rücktritt von Substanzen aus dem Dickdarme in den Dünndarm unmöglich macht. Schon ältere Beobachter (*Heister*, *Lieberkühn*) fanden, dass diese Klappe in vielen Leichen, wo ihre Contraction inzwischen schon aufgehört hat, vollkommen schliesst, und dass in den Dickdarm eingeblasene Luft oder breiartige eingeführte Substanzen oftmals gar nicht in den Dünndarm übergehn. *Nitsche* (*De valvula coli. Lips.* 1843), der die Klappe als einen Schliessmuskel darstellt, behauptet dagegen, die bei einer Leiche eingespritzten Flüssigkeiten gingen in den Dünndarm über. Nach ihm soll es auch für den Uebergang in den Dünndarm sprechen, dass bei Lebenden so grosse Mengen Wasser durch den Mastdarm eingespritzt werden können. Endlich theilt er einen Fall mit, wo Substanzen, welche durch den Mastdarm eingespritzt wurden, durch die Oeffnung eines künstlichen Afters nach aussen traten. Indessen halten wir es nicht für hinlänglich erwiesen, dass diese Oeffnung, wie angenommen wird, zum Dünndarme führte.

So viel ist ausgemacht, dass der festere Inhalt des Dickdarms nicht in den Dünndarm zurückgeht, und dass ein gewöhnliches Klystier nicht über den Dickdarm hinausgeht. Andererseits beweist das Kotherbrechen bei hartnäckiger Dickdarmverstopfung, dass die *Valvula coli* nicht immer vollkommen schliesst.

Der Mechanismus der wichtigern Muskeln bei der Stuhlentlerung ist leicht zu begreifen. Contrahiren sich die Bauchmuskeln, dann erfolgt eine Verengerung der Bauchhöhle und das Zwerchfell steigt nach oben. Zieht sich beim tiefen Einathmen das Zwerchfell zuerst zusammen, dann wird durch die hinzutretende Wirkung der Bauchmuskeln ein kräftiger Druck auf die Baucheingeweide ausgeübt werden. Dem Drucke bei der Stuhlentleerung geht demnach immer ein tiefes Einathmen vorher und während des Druckes bleibt das Zwerchfell contrahirt. — Ueber die Dammmuskeln theilt *Valentin* (Lehrb. d. Phys. Bd. 1. S. 275) einige Bemerkungen mit.

Erhebliche Einzelnheiten über den Mastdarm finden sich bei *Kohlrausch* (Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane, nebst naturgetreuer Abbildung der Längsdurchschnitte des männlichen und weiblichen Beckens. Leipzig 1854). Er macht darauf aufmerksam, dass die im Mastdarme enthaltenen *Faeces* auf den *Sphincter* einen geringen Druck ausüben, weil jener in der Richtung von vorn nach hinten und einigermassen auch seitlich gekrümmt ist. Die quere Falte, welche *Kohlrausch* constant über dem *Sphincter internus* fand, kann nicht als dritter *Sphincter* betrachtet werden, weil sie keine Muskelfasern enthält, oder doch wenigstens nur ausnahmsweise dergleichen besitzt. Auch ist häufig genug der Koth unter diese Falte herabgestiegen. *Kohlrausch* lehrt uns ferner einen *Sustentator tunicae mucosae* kennen, Muskelfasern, die von der Kreisfaserschicht abgehen und zunächst dem After genau an die Schleimhaut geheftet sind, deren Vorfall sie verhüten.

B. Aufsaugung im Darmkanale, Bildung und Bewegung des Chylus und der Lymphe.

Magendie, Handbuch der Physiologie, nach der 3. Ausg. übers. von *Heusinger*. Eisenach 1834. Bd. 2. S. 151—195 u. S. 233 ff.

Bostock, Art. *Absorption* in *Todd's Cyclopaedia. T.* 1. *p.* 20.

Kürschner, Art. Aufsaugung in *Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 1. S. 35.

E. Brücke, Ueber die Chylusgefässe und die Resorption des Chylus. (Aus dem 6. Bande der Denkschriften der mathem. naturwissensch. Classe der Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien besonders abgedruckt.)

§ 118. Aufsaugungsstätte.

In der Allg. Phys. wird von der Aufsaugung im Allgemeinen gehandelt und nachgewiesen, dass alle Flüssigkeiten, welche die Gewebe, womit sie in Berührung kommen, durchdringen, in die Ernährungsflüssigkeit übergehen, und dass sie aus dieser mehr oder

weniger rasch in die Blutgefässe und Lymphgefässe aufgenommen und weiter geführt werden. Die Imbibition der thierischen Gewebe und die Gesetze der Osmose kommen dort zur Erörterung, und es wird sich herausstellen, dass dieselben bei der Aufsaugung Anwendung finden.

Hier haben wir die Aufsaugung im Verdauungskanale im Besondern zu betrachten. In der Mundhöhle, im Schlunde und in der Speiseröhre ist die Aufsaugung unbedeutend, weil die Substanzen mit deren Oberflächen nur kurze Zeit in Berührung bleiben, und weil auch die Schleimhaut hier überall mit einem ziemlich dicken geschichteten Epithelium bedeckt ist, welches dem Eindringen der Substanzen bis in die Nähe der Gefässe hindernd entgegentritt. Im Magen findet bereits eine lebendigere Aufsaugung statt; wahrscheinlich wird hier von allen bereits gelösten Bestandtheilen etwas aufgenommen. Die meisten Substanzen jedoch, und unter ihnen namentlich das Fett, gehen in die dünnen Gedärme über, auf deren Oberfläche die Aufsaugung am lebhaftesten von statten geht. In den dicken Gedärmen sind bereits die meisten absorbirbaren Substanzen verschwunden, und deshalb tritt die Absorption hier wieder in den Hintergrund.

Die Chylusgefässe der dünnen Gedärme, welche in den zahlreichen Zotten der Schleimhautoberfläche entspringen, treten ins Gekröse über, durchsetzen die Gekrösdrüsen, und die austretenden Gefässe münden in den *Ductus thoracicus*. Nach fetthaltiger Nahrung zeigen diese Gefässe eine weisse Färbung, welche von dem feinvertheilten Fette in ihrem Inhalte, dem Chylus oder Milchsafte, herrührt. Deshalb wurden sie Chylusgefässe oder Milchgefässe genannt. Die Untersuchung ihres Inhalts belehrt uns darüber, welcherlei Bestandtheile aus der genossenen Nahrung von diesen Gefässen aufgenommen wurden. Weit schwerer fällt es, direct zu bestimmen, welcherlei Bestandtheile von den Blutgefässen aufgenommen werden. Wir können dies grösstentheils nur *per exclusionem* ermitteln, indem wir annehmen, jene Bestandtheile, welche gar nicht oder nur zu einem kleinen Theile im Chylus vorkommen, müssen unmittelbar ins Blut übergegangen sein.

Mancherlei Umstände sind der Aufsaugung im Darmkanale förderlich. Zuvörderst enthält die darin vorkommende Flüssigkeit nur wenige feste Stoffe. Es wirkt nicht blos das viele Wasser, welches wir als Getränk aufnehmen, verdünnend, sondern der Speichel, der Magensaft, die Galle und der Bauchspeichel, in denen allen nur

wenige feste Substanzen enthalten sind, tragen zur Verdünnung des Darminhalts bei und nach den Gesetzen der Osmose werden sie die Aufsaugung befördern. Die Menge dieser Nutritionsflüssigkeiten, welche täglich in den Verdauungskanal abgeschieden werden und mit den Bestandtheilen der Nahrungsmittel zur Aufsaugung gelangen im sogenannten intermediären Säfteumlaufe von *Bidder* und *Schmidt*, beträgt mit Wahrscheinlichkeit mindestens 10 Kilogramme mit nur 3,1 pCt. festen Stoffen, während die festen Nahrungsmittel ungefähr 6 Unzen betragen. — Es kommt ferner der höhere Druck in Betracht, welchem der Inhalt des Verdauungsrohres vermöge der Contraction des letztern unterliegt. Endlich werden wir auch in der Beschaffenheit der Schleimhautoberfläche, namentlich in den Zotten, Eigenschaften kennen lernen, welche der Aufsaugung sehr förderlich sind.

Die Aufsaugung im Magen kann keinem Zweifel unterliegen; nur fällt es schwer zu bestimmen, ob hier bereits ein grösserer Theil der aufgenommenen Substanzen aufgesaugt wird. *Frerichs* (Art. Verdauung S. 825) behauptet, die flüssigen Bestandtheile des Chymus würden grösstentheils schon im Magen aufgesaugt, und nnr ein kleiner Theil derselben gelange mit den unaufgelösten Ueberbleibseln in den Dünndarm: wenn ein Hund mit einer Magenfistel oder wenn junge Hunde und Katzen Milch bekamen, so fand er nach einiger Zeit, dass der Mageninhalt verhältnissmässig an Fettgehalt zugenommen hatte, was er der Aufsaugung der Caseinpeptone zuschreibt (S. 813); auch war das Serum der Milch in der Regel schon nach einer Stunde verschwunden, und zwar auch dann, wenn der Pylorus zuvor unterbunden worden war (S. 826). Dass wässrige Flüssigkeiten nach Unterbindung des Pylorus aus dem Magen verschwinden, das wurde schon von *Magendie* (Handb. d. Phys. 1834. S. 125) nachgewiesen. Für viele Substanzen, namentlich für das Eiweiss, wird jedoch die Magenabsorption von manchen bezweifelt, unter andern von *Bidder*. *Bouley* (*Bulletin de l'Acad. de Méd. T.* 17. 1852. *p.* 310) zieht aus seinen Versuchen den Schluss, die Magenabsorption sei bei verschiedenen Thieren sehr verschiedenartig. Wenn beim Pferde unter gewöhnlichen Umständen durch Einbringen einer Auflösung von *Extr. nucis vomicae* schon nach $\frac{1}{4}$ Stunde Vergiftungserscheinungen auftreten, so bleiben diese 24 Stunden und noch länger aus, sobald der Pylorus vorher unterbunden wurde. Beim Hunde dagegen übt diese Unterbindung keinen Einfluss auf die Schnelligkeit, mit welcher die Vergiftungserscheinungen eintreten. *Bouley* setzt dieses verschiedene Verhalten auf Rechnung des dicken Epitheliums, welches in der *pars cardiaca* beim Pferde vorkommt, während in der *pars pylorica* die lebhafte Absonderung der Absorption hinderlich sein soll. Diese Erklärung genügt aber nicht, da sich die Schleimhaut des Pferdemagens nur durch die grössere *pars cardiaca*, welche mit einem dicken Epithelium bedeckt ist, auszeichnet.

Wir haben früher gesehen, dass die Nutritionsflüssigkeiten, welche im Verdauungskanale wiederum aufgesaugt werden, reich an Wasser, aber arm an festen Bestandtheilen sind. *Bidder* und *Schmidt* (a. a. O. S. 287) geben davon folgende Uebersicht:

1,6 Kilogr.	Speichel enthalten	1 pCt.	= 15	Gramme	feste	Substanzen	
6,4 »	Magensaft	» 3 »	= 192	»	»	»	
1,6 »	Galle	» 5 »	= 80	»	»	»	
0,2 »	Bauchspeichel	10 »	= 20	»	»	»	
0,2 »	Darmsaft	$1\frac{1}{2}$(?)	= 3	»	»	»	
10 Kilogr.	Nutritionsflüssigkeiten enth.	$3\frac{1}{2}$ pCt.	= 310	Gr.	feste	Substanzen.	

Nehmen wir diese Zahlen, an deren Genauigkeit indessen noch viel auszusetzen bleibt, als Grundlage an, fügen dazu 2 Kilogr. Wasser und 6 Unzen feste Substanzen, die täglich als Speise und Trank aufgenommen werden, und ziehen davon als Koth 30 Gramme feste Substanzen und 100 Gramme Wasser ab, so bleiben auf reichlich $11\frac{1}{2}$ Kilogramme Wasser nur 800 Gramme = 7,06 pCt. feste Substanzen, welche täglich von der Oberfläche des Verdauungskanales aufgesaugt werden. *Frerichs* (a. a. O. S. 826) fand das spec. Gew. des aufgelösten Chymus = 1,024 bis 1,035. — Der grosse Wassergehalt dieser Flüssigkeiten kann der Aufsaugung nur förderlich sein. Berücksichtigen wir dabei, dass der Magensaft nur wenige feste Substanzen enthält und in der grössten Menge abgeschieden wird, dass ferner auch das Getränk einige Zeit im Magen verweilt, dann müssen wir gerade im Magen die Bedingungen einer raschen Absorption erfüllt finden, welche durch die saure Beschaffenheit des Inhalts (s. Allg. Phys.) nur noch befördert wird. Andererseits kommt aber auch in Betracht, dass die aufliegende Schleimschicht und die lebhafte Secretion der Absorption des Magens im Wege stehen.

Liebig hat mehrfach die Behauptung aufgestellt, schwache Salzlösungen würden leicht absorbirt und das Salz finde sich dann sehr schnell im Harne wieder vor, concentrirte Salzlösungen dagegen veranlassten eine Transsudation in den Darmkanal, ohne dass das Salz in gleicher Weise in den Harn übertritt. Darnach hat er dann auch die purgirende Wirkung vieler Mittelsalze erklärt. Nach *Aubert's* Untersuchungen (Zeitschr. f. rat. Med. 1852. Bd. 2. S. 225) schienen diese Angaben unbegründet zu sein: nach diesem besteht kein Zusammenhang zwischen dem osmotischen Aequivalent der Mittelsalze und deren purgirender Wirkung; die letztere ist gleich stark, mögen die Salze mit viel oder mit wenig Wasser gebraucht werden; die in den Harn übertretende Salzmenge (beim Bittersalze wird verhältnissmässig mehr Schwefelsäure als Magnesia aufgenommen) erfährt dadurch auch keine Aenderung, und die purgirenden Salze erzeugen, wenn sie unmittelbar ins Blut eingespritzt werden, ebenfalls dünne Stühle, während doch, wäre *Liebig's* Ansicht die richtige, das Gegentheil zu erwarten wäre. — Spätere Untersuchungen haben indessen *Liebig's* Hypothese zum Theil bestätigt. Die Untersuchungen von *Herm. Wagner* (*Diss. de effectu natri sulphurici. Dorp.* 1853), welcher unter der Leitung *Buchheim's* (Archiv f. phys. Heilk. Jahrg. 13. 1854. S. 92) experimentirte, haben dargethan, dass Kochsalz schneller und in grösserer Menge in den Harn übergeht und dabei weniger purgirend wirkt, als Glaubersalz, dessen osmotisches Aequivalent dreimal grösser ist. Zugleich wurde es auch wahrscheinlich gemacht, dass Glaubersalz nur so lange purgirend wirkt, als es sich im Darmkanale befindet. Um dies näher zu prüfen, wurden bei zwei Hunden 15 bis 20 Gramme Glaubersalz, die in zwei Unzen Wasser gelöst waren, in die *Vena jugularis* eingespritzt: der Koth wurde dabei trockner und es trat Verstopfung ein. Wurde dagegen die gleiche Salzmenge in den Magen gebracht, so erfolgten nach 6 Stunden dünne Stühle. Diese Versuche, welche mit *Aubert's* Resultaten im Widerspruche stehen, wurden von *Donders* (*Nederl. Lancet 3e Serie III.* 605) bei 4 Hunden wiederholt, und die Angaben von *Wagner* und *Buchheim* wurden dabei vollkommen bestätigt. Immer hatten die Hunde Anfangs die Fresslust etwas verloren, sonst aber blieben sie ganz munter. Nicht allein traten keine dünnen Stühle ein, sondern der Stuhl war selbst einen Tag oder auch mehrere Tage angehalten und der erste Abgang war besonders trocken. Die Hunde schienen bald nach dem Einspritzen an *Pruritus ani* zu leiden, denn sie rieben sich mit dem After auf dem Boden, als wäre ihnen etwas Reizendes aufgestrichen.

Mit diesen Versuchen ist der Beweis geliefert, dass Glaubersalz nur dann als Abführmittel wirkt, wenn es im Darmkanale verweilt, dass hingegen durch seine Anwesenheit im Blute nur die Darmaufsaugung erhöht wird. Aus diesen beiden Daten ergiebt sich aber klar, dass die osmotische Wirkung dieses Salzes dabei eine Rolle spielt. Indessen bemerkt *Buchheim*, dass man, wenn dieses Salz im Darme anwesend ist, nur eine verminderte Aufsaugung und keineswegs eine verstärkte Absonderung anzunehmen braucht. Da unter gewöhn-

lichen Umständen schon eine so grosse Menge von Nutritionsflüssigkeiten im Darmkanale enthalten ist, so können wir dieser Annahme unbedenklich beistimmen. Es wurde auch weder in Betreff der purgirenden Wirkung, noch hinsichtlich des Ueberganges in den Harn eine Verschiedenheit wahrgenommen, mochte das Glaubersalz mit viel oder mit wenig Wasser genommen werden, und somit sind die Daten, auf welche *Liebig* seine Hypothese wesentlich stützt, zum Theil unbegründet.

§ 119. Aufsaugende Capillaren und Zotten.

Bei seiner Weite und der bedeutenden Länge bietet das Verdauungsrohr schon eine ziemliche Fläche zur Aufsaugung dar. Im untersten Theile des *Duodenum* und im *Jejunum* bildet die Schleimhaut des Menschen überdies eine Anzahl Falten (*Valvulae conniventes*, *Plicae Kerkringii*), wodurch die absorbirende Oberfläche noch an Ausbreitung zunimmt. — Im Magen so wie im Dickdarme gelangen die Substanzen fast ausschliesslich in die Haargefässe (Fig. 81 *b*). Dieses Netz entsteht, wie früher erwähnt, aus dem feinen Capillarnetze, welches die Drüschen umspinnt, und aus ihm entspringen unmittelbar die Venen (*c*), da die Capillaren der Drüschen nirgends direct in die Venen sich ergiessen. Dieses Verhalten muss der Absorption förderlich sein. Denn in jenem Capillarnetze (*b*), welches unmittelbar an die Venen stösst, wird ein geringerer Druck bestehen, als in dem die Drüsenröhrchen umspinnenden Capillarnetze, und dadurch wird im erstern die Aufsaugung, im letztern die Absonderung unterstützt.



Fig. 81.

Im Dünndarme, auf dessen Schleimhaut sich zahlreiche Zotten erheben, ist das Capillarnetz zwischen diesen Zotten gewiss nicht gleich wichtig für die Aufsaugung. Durch die zahlreichen Capillaren der Zotten selbst, in denen auch die Chylusgefässe entspringen, tritt es in den Hintergrund. Diese Zotten (Fig. 82 *aa' a''*) sind Fortsetzungen der Schleimhaut, die sich zwischen den *Glandulae Lieberkühnianae* (*bb*) erheben. An der Schleimhaut selbst besitzen sie einen

Fig. 81. Gefässe des Dickdarms eines Hundes in der senkrecht durchschnittenen Schleimhaut; nach *Kölliker*. *a* Arterie. *b* Capillarnetz der Oberfläche mit Drüsenmündungen. *c* Vene.

dünneren Stiel zwischen diesen Drüschen; sie werden aber unmittelbar an der Oberfläche der Schleimhaut dicker, und im geschwellten Zustande haben sie eine fast cylinderförmige Gestalt mit abgerundetem Ende. Am zahlreichsten kommen sie im *Duodenum* und im *Jejunum* vor (50—90 auf der Quadratlinie), nicht ganz so zahlreich im *Ileum* (40—70 auf der Q.-Linie nach *Krause*). Mitten auf den Follikeln der Peyerschen Drüsen und meistens auch auf den *Glandulae solitariae* fehlen sie ganz. Im *Duodenum* sind sie kürzer, breiter und mehr abgeplattet, im *Jejunum* und *Ileum* länger, schmäler und zugleich cylinder- oder kegelförmig, wovon man sich auf Quersdurchchnitten (Fig. 83) überzeugen kann. Häufig sind sie umgebogen und können dabei mit einander in Berührung kommen (Fig. 84).

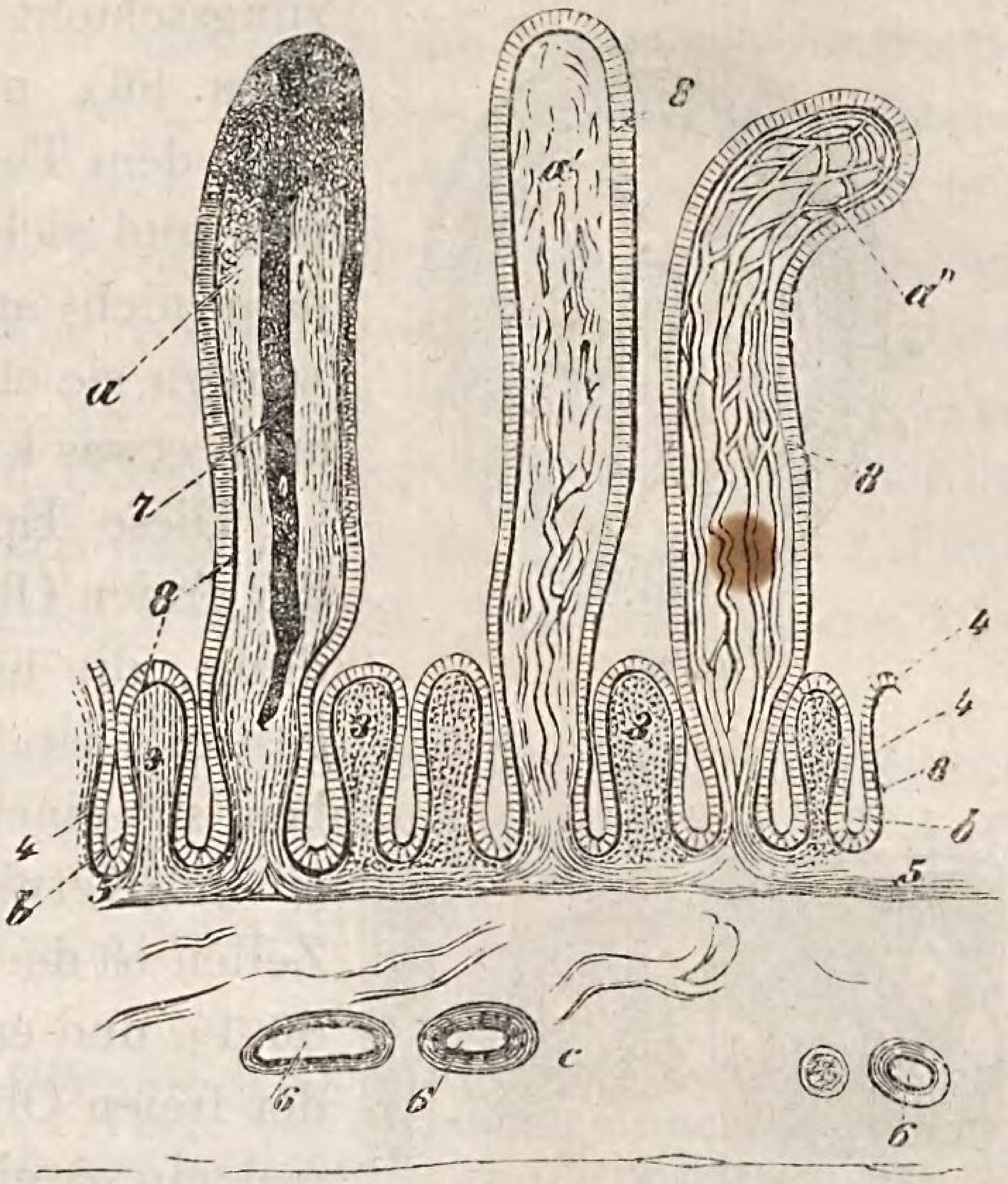


Fig. 82.

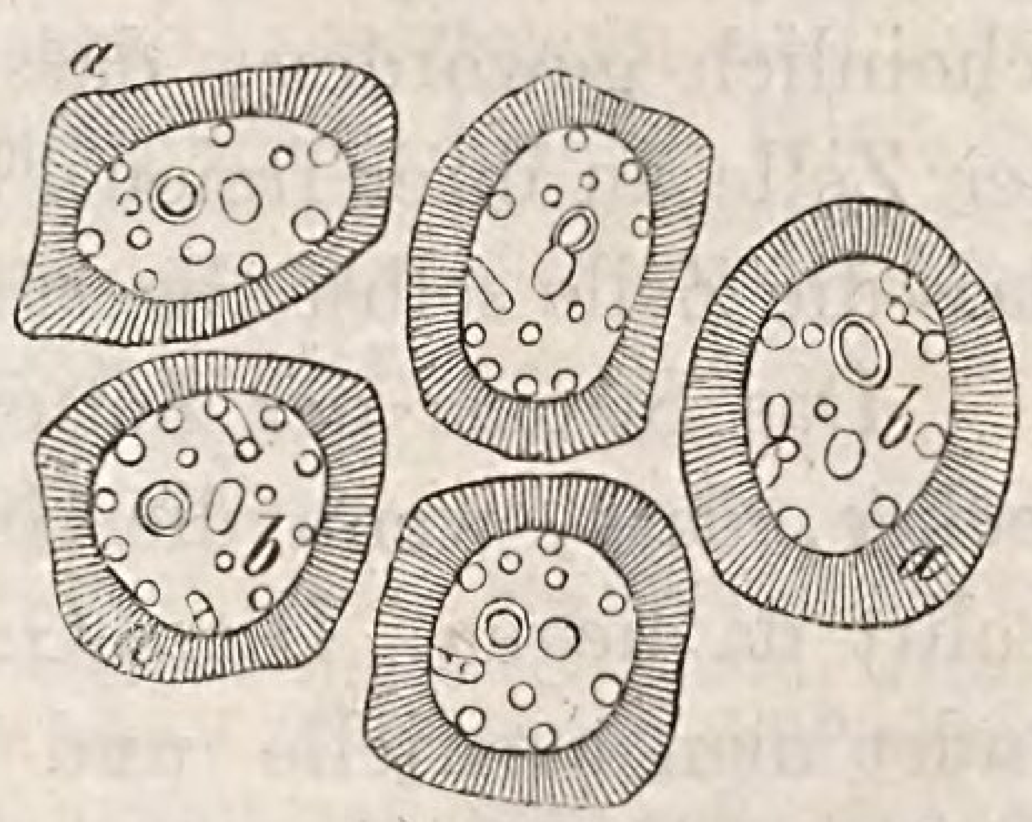


Fig. 83.

Das lockere Bindegewebe der Zotten wird durch eine dünne Begrenzungsschicht (*basement membrane*) zusammen gehalten, auf welcher Cylinderepithelium sitzt. Dieses besteht aus dünnen,

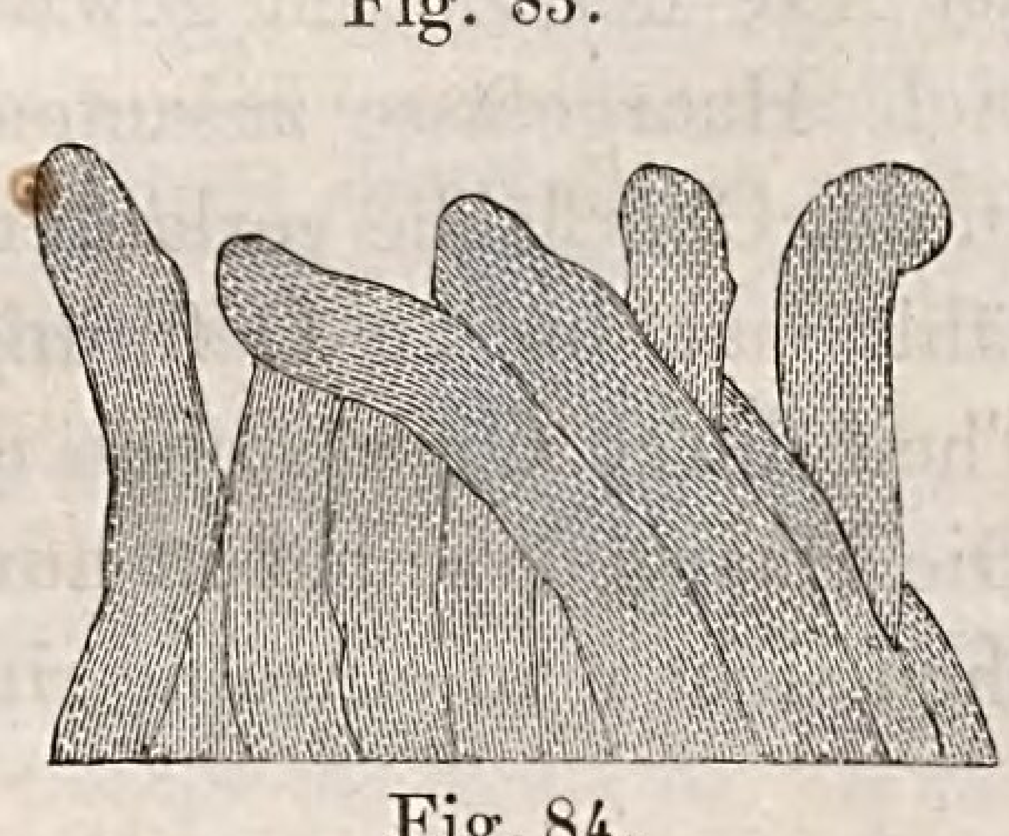


Fig. 84.

Fig. 82. Durchschnitt der Schleimhaut des Dünndarmes. *aa' a''* Zotten mit Lymphgefässen und dem Capillarnetze. *bb* Lieberkühnsche Drüsen. *c* Unterschleimhautgewebe. 3 3 3 Formloses Bindegewebe zwischen den Drüsen. 4 4 Structurlose Schicht der Drüsen. 5 5 Muskelschicht der Schleimhaut. 6 6 6 Gefässstämmchen. 7 Lymphgefäss. 8 8 8 8 Cylinderepithelium.

Fig. 83. Querdurchschnitte vergrösserter Darmzotten. *a* Cylinderepithelium. *b* Gefässe.

Fig. 84. Darmzotten, die sich umlegen und einander decken; nach *Gerlach*.

vieleckigen, eng an einander liegenden langen Zellen (Fig. 83 *a*), die während des Lebens unter einander sowohl als mit der Begrenzungsschicht enge verbunden sind (Fig. 85 u. 86), und erst ein Paar Stunden nach dem Tode sich von einander trennen und sich isoliren lassen. Da sie dann nicht mehr an einander liegen, so werden sie etwas breiter, zugleich aber auch etwas kürzer (Fig. 86 *c*).

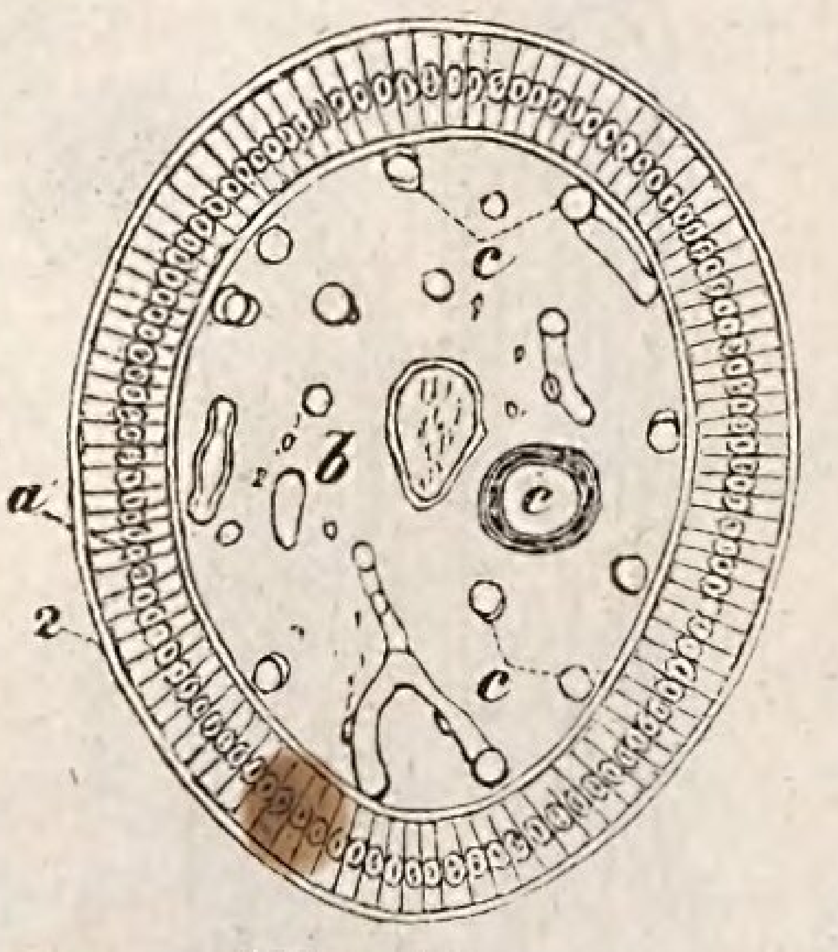


Fig. 85.

Diese Epithelialzellen besitzen an der freien Oberfläche eine dicke Wandung, die manchmal deutlich vertikal gestreift ist, und in der Mitte etwa haben sie einen etwas ovalen Kern mit einem Kernkörperchen. In manchen Zellen ist der Kern ungemein gross (Fig. 86. 1), und er liegt dann meistens näher der freien Oberfläche, während manchmal ein zweiter Kern in der Tiefe der Zelle sichtbar ist. Es ist uns wahrscheinlich geworden, dass diese grossen Kerne durch Dehiscenz der Zelle an ihrer freien Fläche mitunter nach aussen treten, ohne dass die Zelle selbst abgestossen wird.

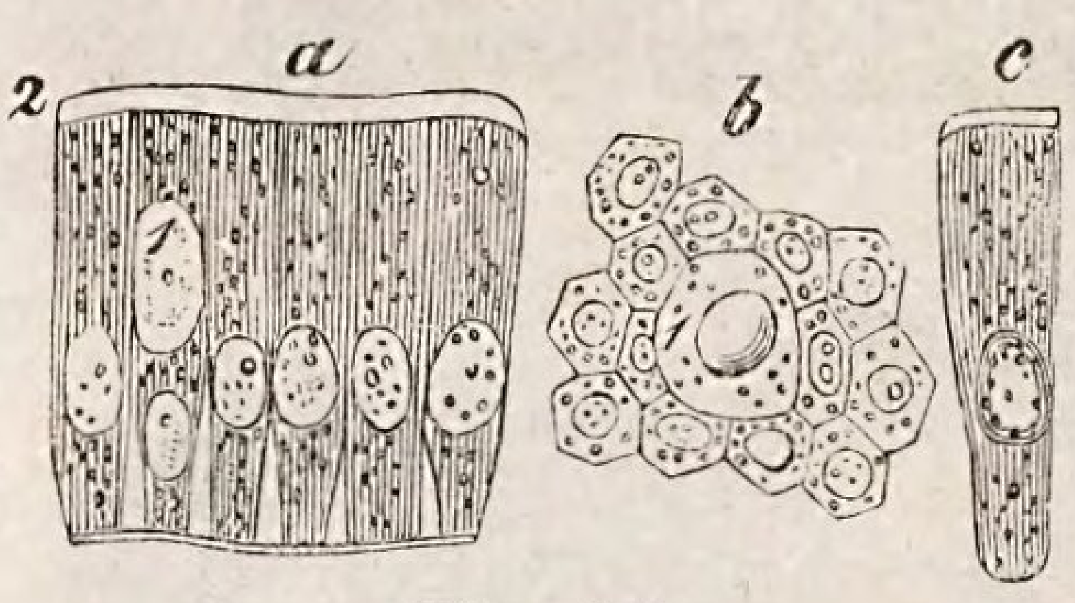


Fig. 86.

Das Stroma der Zotten ist sehr sparsam, structurlos und so locker, dass, wenn die Grenzschicht zerstört ist, die Gefässe fast isolirt da liegen. Diese Gefässe sind sehr zahlreich; in der Regel findet man arterielle und venöse Aestchen, die nicht fern von der Axe der Zotten gewunden verlaufen (Fig. 82. *a''*) und durch viele Haargefässe zusammenhängen, welche in schiefer Richtung an der Oberfläche verlaufen. Auf einem Querdurchschnitte (Fig. 83) zählt man bis 20 Oeffnungen durchschnittener Gefässe, die zum Theil durch Querästchen unter einander verbunden sind (Fig. 85). Die Haargefässe haben nur wenig Kerne. Um die arteriellen Aestchen sieht man einzelne ringförmig verlaufende Kerne gelagert. —

Fig. 85. Querdurchschnitt einer Zotte vom Menschen. *a* Epithelium. 2. Ein das Epithelium überkleidendes Häutchen. *b* Substanz der Zotte. *ccc* Gefässe.

Fig. 86. Zottenepithelium von der Katze; 500malige Vergrösserung. *a* Profilansicht, die Zotten im Zusammenhange. 1 Grosser Kern. 2 Ueberkleidendes Häutchen (Schleim [?] nach *Brücke*). *b* Von der freien Fläche gesehen. 1 Grosser Kern. *c* Isolirte Zelle.

Zwischen den Gefässen bemerkt man in den meisten Zotten Reihen länglicher Kerne, welche den Kernen von Faserzellen ähneln (Fig. 82 *a'*), für deren Anwesenheit aber auch die bewiesene Contractilität der Zotten genugsam spricht. Es liegen diese Kerne meistens nach der Länge der Zotten; doch sahen wir sie beim Hunde, besonders an den Spitzen der Zotten, nicht selten auch in querer Richtung nahe der Oberfläche verlaufen. — Ferner kommen einzelne rundliche Kerne vor, jedoch nicht so zahlreich wie in dem Bindegewebe zwischen den *Glandulae Lieberkühnianae*, und in gefüllten Zotten bemerkt man nicht selten die Umrisse von Zellen, die wir jedoch nicht zu isoliren vermochten. Elastische Fasern fehlen gänzlich.

Chylusgefässe vermochten wir im leeren Zustande niemals mit Sicherheit wahrzunehmen. Wir werden sie deshalb bei der Aufsaugung beschreiben, wie sie sich im gefüllten Zustande darstellen. (Fig. 82. *a* 7.)

Im Allgemeinen sind die Zotten bei den Fleischfressern mehr entwickelt, als bei den Pflanzenfressern. Beim Hunde sind sie grösser als beim Menschen, bei diesem grösser als beim Rinde und beim Kaninchen. Beim letztern sind sie breiter und mehr abgeplattet. Beim Bären, zumal beim Eisbären haben die dünnen Zotten eine ungemeine Länge. Bei den Wiederkäuern kommen sie gleichzeitig im ersten Magen vor. Beim Stör fehlen sie im Dünndarme; beim Strausse finden sich lange, beim Hasen kleine Zotten im Colon. Wird die Schleimhaut mit Wasser befeuchtet, dann kann man die Zotten mit einer guten Lupe sehr gut wahrnehmen und sich überzeugen, dass sie an den Peyerschen Drüsen nur zwischen den Follikeln und an deren Rändern vorkommen, und dass sie, namentlich im *Duodenum*, auch auf den *Glandulae solitariae* fehlen.

Die Gestalt und die Grösse der Zotten wechseln sehr, je nachdem sie mit Substanzen aus dem Darmkanale getränkt sind oder nicht. Im nichterfüllten Zustande sind viele abgeplattet; im gefüllten Zustande werden sie mehr cylinderförmig. Man kann sie leicht mit und ohne einen Theil der Schleimhaut mittelst einer Scheere von der Oberfläche abschneiden und ohne anderweitige Zubereitung unters Mikroskop bringen. Durchs Kochen schrumpfen sie stark zusammen und werden in allen Richtungen kleiner. Auf queren Durchschnitten getrockneter Schleimhaut kann man die verjüngte Einpflanzung in die Schleimhaut wahrnehmen, die auch auf schiefen Durchschnitten aus der Verengerung des Raumes zwischen den *Glandulae Lieberkühnianae* ersichtlich wird.

Bei eben getödteten Thieren findet man das Epithelium fest mit den Zotten verbunden; es lässt sich dann schwer abtrennen und die Zellen bleiben auch mit einander im Zusammenhange. Sie liegen so dicht an einander, dass die Lamellen, welche die freie Fläche der Zellen schliessen, im Profil sich als ein einziges fortgesetztes Häutchen darstellen, welches viel dicker ist, als die übrigen Zellenwandungen. (S. Fig. 85 — 88. 2.) Hat ein Thier einige Tage hindurch gehungert, dann findet man beim Eröffnen der Därme die Schleimhautoberfläche trocken, am folgenden Tage aber ist sie mit einer dicken Schleimlage bedeckt, worin die abgestossenen Zellen zum Theil schon isolirt vorkommen. Deshalb gelingt es selten beim Menschen, das Epithelium ganz im Zusammenhange mit den Zotten zu sehen. Zuweilen haben alle Epithelialzellen in ihrer Mitte ungefähr einen länglichen Kern; andere Male (Fig. 87) besitzen einzelne Zellen einen sehr grossen Kern, welcher häufig näher der

freien Oberfläche wahrgenommen wird und wodurch die angrenzenden Zellen verdrängt worden sind. Bei einem Hunde, welcher zwei Tage gehungert hatte, sahen wir einen solchen Kern durch Zusatz von Wasser an der Oberfläche heraustreten, und ähnliche Kerne fanden sich an der freien Fläche der Schleimhaut als sogenannte Schleimkügelchen. In der tiefern Partie solcher Zellen zeigte sich in der Regel ein zweiter Kern. Auch hat *Henle* (Allg. Anat. S. 244) bereits einzelne Cylinderzellen mit zwei Kernen wahrgenommen. Es scheint daher, dass die Kerne austreten können, ohne dass die Zelle dabei zu Grunde geht. Diese Zellen mit grossen Kernen sind es, welche bei der Fettabsorption keine Fettkügelchen aufnehmen.

Brücke glaubt, die freie Fläche der Epithelialzellen werde nicht durch eine Zellmembran, sondern nur durch einen Schleimpfropf geschlossen, und auch das spitze Ende sei offen und entspreche einer Oeffnung in der Grenzschicht. *Kölliker* (Verhandlungen d. phys. Gesellsch. zu Würzburg. 1855. Bd. 6. S. 253) hat aber, an die Untersuchungen von *Donders* sich anschliessend, die Selbstständigkeit und die ungewöhnliche Dicke der Zellmembran an der Oberfläche erkannt, und ausserdem gleich *Funke* (Zeitschrift f. wissensch. Zoologie Bd. 7. S. 323) in dieser verdickten Zellwand vertikale Streifchen gesehen und abgebildet, die er für feine Kanälchen anzusehen geneigt ist. Gegen das Geöffnetsein der Zellen an der freien Fläche haben sich einstimmig alle, welche nach *Brücke* darüber Untersuchungen angestellt haben, ausgesprochen.

Die Gefässe der Zotten lassen sich leicht injiciren; aber auch ohne Injection sind sie leicht wahrzunehmen, wenn die Zotte nach Entfernung des Epitheliums mit Essigsäure behandelt wird. Unterbindet man bei einem lebenden Thiere die *Venae mesaraicae*, dann füllen sich die Gefässe der Zotten sehr schön, und so ist die Unterbindung ein treffliches Mittel zu deren genauerer Untersuchung. Beim Menschen liegen die Capillaren fast nur an der Oberfläche der Zotten, beim Hunde sind sie mehr im ganzen Zottengewebe verbreitet.

Nachdem die Contraction der Zotten bereits von Französischen Physiologen beobachtet worden war, gelang es *Brücke* (Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1851), das Vorhandensein von Faserzellen nachzuweisen. Sie kommen aus der längslaufenden Faserzellenschicht der Schleimhaut (Fig. 82. *a*), und wie man besonders auf schiefen Durchschnitten der Zotten sieht, so stehen sie in keinem Zusammenhange mit den Blutgefässen. *Henle* (Allg. Anat. S. 551) hatte bereits die länglichen Kerne in den Zotten gesehen und angenommen, sie gehörten zu den Gefässen; er fügte aber hinzu, sie lägen oftmals der Oberfläche zu nahe, als dass sie zu den Gefässstämmen gerechnet werden dürften. Am Besten sieht man sie in frischen Zotten nach Zusatz von Essigsäure. Aber auch auf queren und schiefen Durchschnitten getrockneter Zotten erkennt man sie deutlich. Beim Menschen sind diese Kerne viel kleiner als beim Hunde, auch sparsamer und manchmal gar nicht wahrzunehmen, zumal in Leichen, die nicht frisch sind. In den langen Zotten des Bären, obwohl sie frisch untersucht wurden, waren sie nicht deutlich. Nach *Brücke* und eben so nach *Kölliker* (Mikroskop. Anat. S. 195) verlaufen sie nur in der Längsrichtung. Doch sahen wir in den Zotten des Hundes in der Nähe der Spitzen manche Fasern, die ganz an der Oberfläche in querer Richtung verliefen, und die längslaufenden befanden sich mehr in der Tiefe. Aus frischen Zotten hat *Kölliker* (Verhandlungen d. med. Ges. in Würzburg Bd. 4. S. 55) Faserzellen isolirt. Dies hat uns nicht gelingen wollen.

§ 120. Veränderungen in den Zotten während der Aufsaugung.

In den Zotten gehen während der Aufsaugung merkwürdige Veränderungen vor. Sie tränken sich mit allen aufgelösten Substanzen des im Darmkanale vorhandenen Chylus, dadurch wird ihr

lockeres Gewebe aus einander gedrängt und die Zotten nehmen an Umfang zu. Oftmals glaubt man alsdann durch das Gewebe der Zotten die Umrisse von Zellen wahrzunehmen, die vorher nicht sichtbar waren. Dabei ist die ganze Oberfläche der Zotten mit dem Epithelium bedeckt und die darunter gelegene Begrenzungsschicht ist nirgends unterbrochen. Folglich ist Flüssigkeit mit den darin gelösten Substanzen durch das Epithelium und die Begrenzungsschicht hindurchgedrungen und hat sich durch Imbibition in den Zwischenräumen des losen Gewebes angehäuft. Die meisten Bestandtheile (Wasser, Salze, Farbstoffe, Zucker u. s. w.) dringen dann weiterhin leicht durch die Wandungen der Capillaren zum Blute und werden so weggeführt, während ein anderer Theil, namentlich die Fette und die Eiweisskörper, grösstentheils in die Chylusgefässe übergehn. Merkwürdiger Weise dringt auch das nicht lösliche Fett durch die Epithelialzellen in die Zotten ein.

Wenn fetthaltige Nahrung genossen wurde, so sieht man, dass die meisten, manchmal selbst alle Epithelialzellen, sowohl oberhalb als unterhalb ihres Kerns mit grösseren und kleineren Fettkügelchen gefüllt sind (Fig. 87 u. 88. *a*), die auch, zumal an den Spitzen der Zotten, die Räume zwischen den Gefässen (*b*) erfüllen. Andere Male sind die Fettkügelchen grösstentheils in einem centralen Kanale angehäuft, der sich in der Axe der Zotten befindet und so scharf begrenzt ist, dass man das Vorhandensein eines sehr feinen structurlosen Häutchens annehmen muss. Dieser Kanal ist nichts anderes als das Chylusgefäss, welches im gefüllten Zustande nicht selten ein Vier-

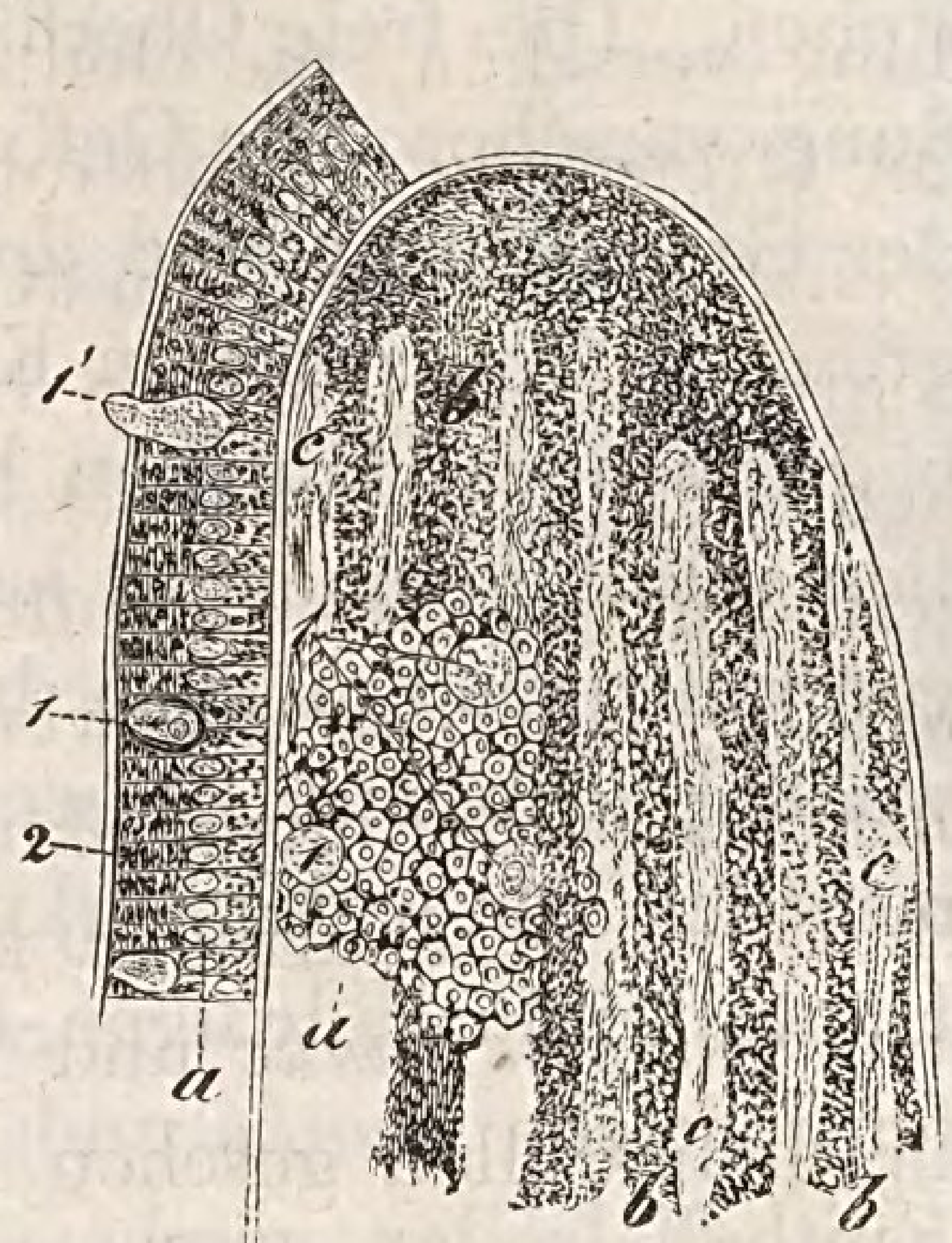


Fig. 87.

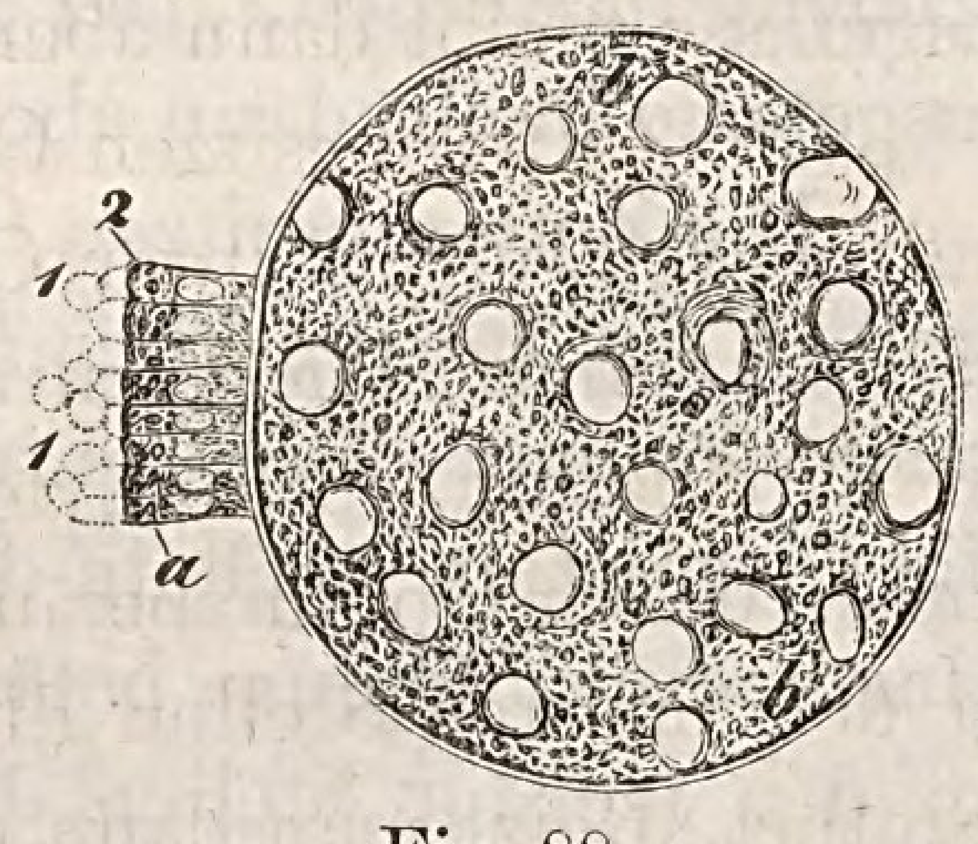


Fig. 88.

Fig. 87. Darmzotte eines Hundes während der Fettabsorption, zum Theil noch mit Epithelium bedeckt; 200malige Vergrösserung. *a* Epithelium, theils am Rande, theils an der Oberfläche. *bbb* Das mit Fettmolekeln gefüllte, gestreift erscheinende Gewebe zwischen den Gefässen. *cc* Gefässe. 1 Grosse Epithelialkerne. 1′ Ein solcher, zum Theil ausgetreten. 2. Begrenzungsschicht.

Fig. 88. Darmzotte des Hundes, quer durchschnitten und mit Wasser behandelt. *abc* wie in Fig. 87. 1 1 Austretende Schleimkügelchen. 2 Rest der bedeckenden Epithelialschicht.

tel vom Durchmesser der Zotte einnimmt und das zumal nach der Einwirkung von Alkalien sehr scharf begrenzt hervortritt. Wie aber die Fettkügelchen durch die Epithelialzellen und die Begrenzungsschicht in das Gewebe der Zotten gelangen und von hier in das centrale Lymphgefäss, das ist noch nicht genügend erklärt. Nach *Brücke* soll die freie Fläche der Epithelialzelle nur durch einen Schleimpfropf geschlossen sein, und auch die Spitze derselben nebst der entsprechenden Stelle der Begrenzungsschicht soll eine Oeffnung besitzen; auch soll nach ihm das centrale Lymphgefäss ein Kanal in dem Gewebe der Zotte ohne eigene Wandung sein. Verhielte es sich so, dann hätte das Eindringen von Fett durchaus keine Schwierigkeit. Wir können dies aber nicht zugestehen. Die freie Oberfläche der Zellen ist mit einer dicken Wandung versehen, die Oeffnungen an den Spitzen der Zellen und in der Grenzschicht sind durch nichts bewiesen, und die scharfe Begrenzung des centralen Kanales im gefüllten Zustande weist auf ein begrenzendes Häutchen hin, das wir nach Einwirkung von Alkalien selbst gesehen zu haben glauben. Die *Brücke*'schen Oeffnungen scheinen uns auch durch das Eindringen von Fett nicht nothwendig gefordert zu werden, da sehr fein vertheiltes Fett, namentlich unter Mitwirkung von Galle, durch feuchte thierische Häute hindurchdringen kann. Zudem, wenn die vertikalen Streifen, welche *Funke* und *Kölliker* in der verdickten Wandung der Epithelialzellen gesehen haben, die Bedeutung von Porenkanälen haben, so kann dadurch das Eindringen von Fettmolekeln noch erleichtert werden. Der weitere Fortgang bis zum centralen Chylusgefässe bleibt dann aber noch unerklärt.

Die Zotten besitzen Contractilität, die eben sowohl beim Forttreiben des Inhalts ihrer Chylusgefässe als beim Aufsaugen in Betracht kommt. Die Contraction ist nur so lange wahrnehmbar, als die Circulation noch in den Zotten vor sich geht. Oeffnet man bei einem durch Opium betäubten Thiere den Darm, dann findet man an den meisten Stellen die Zotten durch das enthaltene Blut stark geröthet. Reizt man dann die Oberfläche, so wird diese in der Nähe der gereizten Stelle alsbald blasser und sie zieht sich zusammen. Mittelst einer guten Loupe sieht man, dass die Zotten viel dicker geworden sind, so dass sie sich manchmal abgeplattet an einander legen und sich so ausnehmen, wie das regelmässige Pflasterepithelium unterm Mikroskop. Bei dieser Verdickung haben sie sich natürlich verkürzt. Einige Zeit darnach wird die Contraction durch

die Kraft des einströmenden Blutes wiederum überwunden, die Zotten erscheinen wieder mehr geröthet, zugleich aber auch länger und schmaler. Bald nach dem Tode befinden sie sich alle in einem mässig contrahirten Zustande. Das Contractionsphänomen ist dann nicht wahrzunehmen, weil die Ursache der Ausdehnung fehlt, die Kraft nämlich des einströmenden Blutes. Trennt man sie jetzt mittelst einer Scheere von der Oberfläche ab, so erscheinen sie unterm Mikroskope in contrahirter Gestalt. Sie haben nämlich starke Einschnürungen, die an der Spitze anfangen, mehr oder weniger regelmässig spiralig in der ganzen Länge sie umkreisen (Fig. 89), wodurch ein schraubenförmiges Aussehen entsteht, und wobei die Epithelialschichten in der Tiefe der Gruben stark gegen einander gepresst werden. Wartet man zu lange Zeit, dann sind die Einschnürungen weniger tief und nicht so regelmässig.

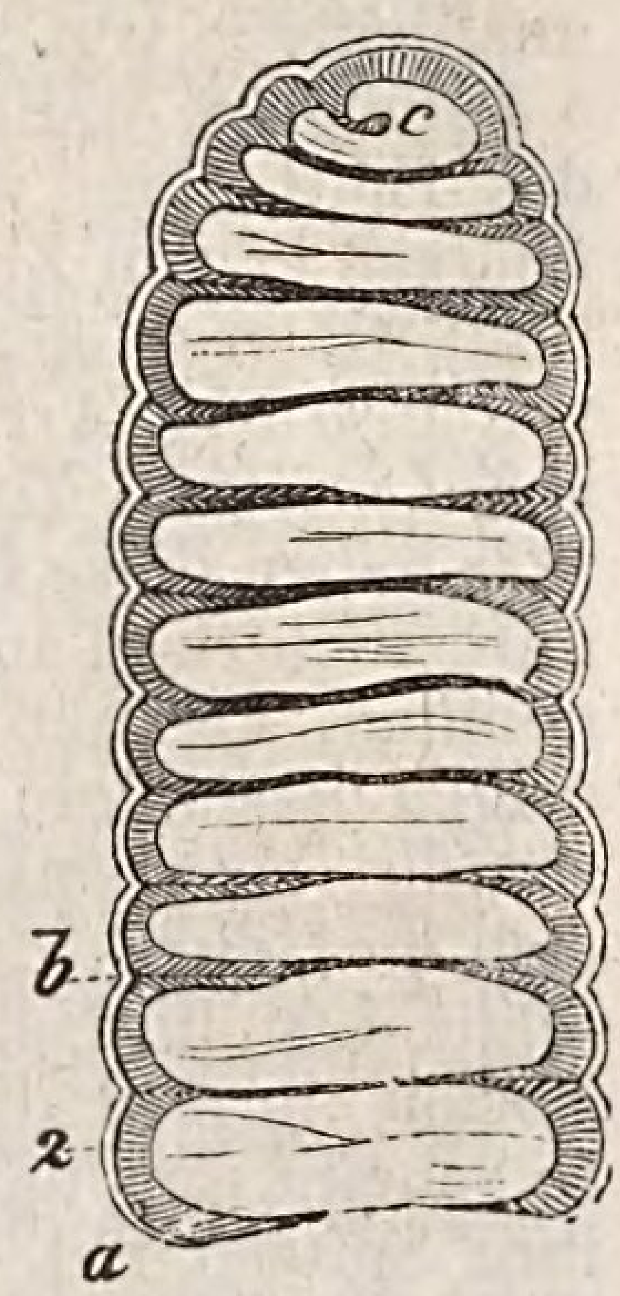


Fig 89.

Kommen diese Einschnürungen während des Lebens vor, woran doch kaum zu zweifeln ist, so wird der Inhalt des Chylusgefässes zugleich mit dem Blute ausgepresst und in das Lymphgefässnetz im Unterschleimhautgewebe getrieben. Kann der Chylus nicht von hier in das Chylusgefäss seiner Zotte zurück, dann wird, sobald die Zotte durch das einströmende Blut wiederum eine Ausdehnung erfährt, die Ernährungsflüssigkeit in der Zotte unter einen negativen Druck versetzt, und dadurch muss die Imbibition der Substanzen aus dem Darmkanale gar sehr befördert werden.

Bis in die jüngste Zeit ist von grösseren Oeffnungen in den Zotten gesprochen worden, durch welche Substanzen sollten eindringen können; wir können jedoch keine Gründe für eine solche Annahme finden. Wiederholt haben wir uns davon überzeugt, dass auf den Zotten, welche bei lebenden Thieren ausgeschnitten werden, nirgends das Epithelium fehlt, und dass die Lamellen, welche die freie Fläche der Epithelialzellen schliessen, so genau an einander liegen (Fig. 85—88), dass die Grenzen der einzelnen Zellen bei der Profilansicht nicht einmal zu erkennen sind. Wenn *Joh. Müller* beobachtete, dass Milch, welche in einem Darme dem Drucke unterlag, bis in die Chylusgefässe durchdrang, so muss, wie es auch *Müller* selbst vermuthet, eine Zerreissung statt gefunden haben. Der gleiche Fall muss eingetreten sein, wenn längs der Oberfläche des Darms kleine feste Molekeln, z. B. Kohlentheilchen in den Kreislauf gelangen, ein Vorgang, von dem wir nach *Oesterlen's* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 5. S. 434) Vorgange uns auch mit Sicherheit überzeugt haben (*Alderts*

Fig. 89. Contrahirte Darmzotte des Hundes; 50malige Vergrösserung. *a* Epithelium. 2 Begrenzungsschicht des Epitheliums. *b* Einschnürung. *c* Anfang der Einschnürung an der Spitze der Zotte.

Mensonides, de absorptione solidorum, 1849 und *Nederl. Lancet IV.* 141), und der auch durch *Eberhardt* (Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 1. S. 406) und *van Hasselt* (*Ned. Lancet V.* 81) mit Quecksilber, und durch *Bernard* (*Union méd. T.* 3), der gleich uns Kohlentheilchen in den Lungen abgelagert fand, bestätigt worden ist. Hierher gehört auch die Beobachtung *Kölliker's*, dass sich manchmal Entozoeneier in den Zotten befinden. Dergleichen haben wir in einem Falle beim Hunde in sehr grosser Menge nicht allein in den Zotten, sondern auch in den *Glandulae mesaraicae* angetroffen (*Nederl. Lancet. 3e Serie. II.*).

Das Eindringen von Fett in die Epithelialzellen des Darmes ist eine merkwürdige Erscheinung, welche zuerst von *Goodsir* (*Edinb. new philos. Journ.*, 1842) scheint beobachtet worden zu sein, und die dann auch gleichzeitig und unabhängig von einander durch *Gruby* und durch *Delafond* (*Comptes rendus.* 5 *Juin* 1843) wahrgenommen worden ist. *Goodsir* hielt jedoch die Ansicht fest, das Epithelium werde bei jedem Verdauungsacte abgestossen, und deshalb übersah er den Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und der Absorption, wie er nachher von *Weber* (*Archives d'Anat. génér. et de Phys. T.* 1. *p.* 9), von *Frerichs* (Art. Verdauung, S. 854), von *Kölliker* (Mikrosk. Anat. S. 168), von *Lenz*, von *Todd* und *Bowman* und von vielen andern erkannt worden ist. Wir haben diese Erscheinungen bei Hunden, Katzen und Kaninchen sorgfältig untersucht und auch zweimal Gelegenheit gehabt, sie beim Menschen wahrzunehmen. Oeffnet man ein Thier, dessen Darm fettreichen Chylus enthält, so zeigen besonders die Spitzen der Zotten, am deutlichsten im blutleeren Zustande, eine weisse Färbung, die zum Theil von dem Fette herrührt, welches sich im Gewebe der Zotten befindet, vornämlich jedoch von zahlreichen Fettkügelchen im Epithelium bedingt ist. Wenn nicht selten nur die Spitzen der Zotten ein fetthaltiges Epithelium besitzen, wie es *Frerichs* mit Recht angiebt, so scheint dies davon herzurühren, dass, wenn die Zotten contrahirt sind, nur ihre Spitzen mit dem Darminhalte in Berührung kommen. Im ganz frischen Zustande sind die Epitheliallzellen unter einander sowohl als mit den Zotten innig verbunden; nach ein Paar Stunden indessen, wenn die Zellen sich isoliren, sieht man ganz deutlich, dass die Fettkügelchen sich sowohl oberhalb als unterhalb des Kerns im Inhalte der Zelle befinden. Die Zellen sind dann breiter und kürzer, und zumal im Wasser rundlicher geworden. *Weber* und ebenso *Lehmann* (Phys. Chemie Bd. 3. S. 317) wollen noch eine zweite Schicht mehr rundlicher Zellen unter den cylinderförmigen gesehen haben, von deren Vorhandensein wir uns aber nie zu überzeugen vermochten. Ebenso scheint sie auch *Funke* (Zeitschr. für wiss. Zoologie Bd. 6. S. 312) nicht gesehn zu haben. — Sind die Epithelialzellen im Zusammenhange, so zeigen sie längs der Zotte ein helles, durchscheinendes Häutchen, und unter diesem gewahrt man erst die Fettkügelchen. Dieses Häutchen besteht aus den an einander schliessenden Lamellen der Epithelialzellen und kommt gleich deutlich zum Vorschein, mag der Inhalt des Darmrohrs oder mag Wasser zugesetzt werden, mithin rührt es nicht von einem Zurückdrängen des Inhalts durch eingesogenes Wasser her, wie es von Manchen vermuthet worden ist. In der That ist die Zellmembran an der freien Oberfläche verdickt, und an den isolirten Zellen erscheint sie nur deshalb dünner, weil diese Fläche dann grösser wird.

Die Epithelialzellen aus lebenden Thieren enthalten in jedwedem Zeitpunkte der Absorption fast unmessbar kleine Fettkügelchen, die sich erst weiterhin gewöhnlich zu grössern Kügelchen vereinigen. Die unmessbar kleinen Kügelchen befinden sich nämlich unmittelbar an der Innenfläche jener Lamelle, welche der freien Oberfläche entspricht. — Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass in einzelnen Epithelialzellen das Fett nicht selten gänzlich fehlt, was *Frerichs* (a. a. O. S. 854 Anm.) ganz kurz andeutet. Von der Oberfläche aus betrachtet erscheinen diese durchscheinenden Zellen viel grösser und beinahe rund, während die mit Fett angefüllten eckig und viel kleiner sind, und die unmittelbar angrenzenden stark an einander gedrängt liegen (Fig. 87 *a*). Betrachtet man solche grosse Zellen im Profil, so bemerkt man, dass ihr grösserer Umfang durch einen sehr grossen, ziemlich durchscheinenden Kern er-

zeugt wird, welcher der freien Oberfläche nahe liegt. Beim Einwirken von Wasser sahen wir diese Kerne nach aussen dringen und zu kleinen, manchmal kernhaltigen Zellen aufschwellen, mit blassem, selten körnigem Inhalte, ohne Spuren von Fett. In Präparaten, welche in einer Arseniklösung aufbewahrt wurden, fanden wir auch einzelne Zellen mit grossen Kernen aus der Reihe verdrängt, so wie einzelne isolirte Kerne und viele helle Kügelchen vom ausgetretenen Inhalte. Das Fett dringt also nicht durch das Häutchen des Kerns, und das Vorhandensein eines grossen Kerns nahe der Oberfläche verhindert auch das Eindringen von Fett in die Zelle.

Brücke's Ansicht über das Eindringen von Fett in die Epithelialzellen hat sich keines Beifalls zu erfreuen gehabt. *Donders* hatte zwar, wie oben angegeben, die Anwesenheit einer dicken Bedeckung nachgewiesen, liess sich aber doch einen Augenblick durch die kecke Behauptung *Brücke's* wankend machen, für welche das Austreten durchsichtiger Schleimkugeln aus den freien Flächen der Zellen durch Wassereinwirkung zu sprechen schien. Ganz richtig bemerkte aber *Henle*, dass dieses Heraustreten auch bei vielen andern Zellen vorkommt; auch hatten wir die verdickte Zellmembran vom Dickdarmepithelium isolirt und vermochten uns ihre innere scharfe Begrenzung nicht zu erklären, wenn es blos ein Schleimpfropf war. *Moleschott* (Wiener med. Wochenschrift 1854. Nr. 52) hatte nun den glücklichen Gedanken, nachzuforschen, ob auch kleine feste Molekeln in die Epithelialzellen eindrängen und weiter rückten, wie es nach der *Brücke*'schen Hypothese zu vermuthen stand. Er gelangte zu dem Resultate, dass sie bei Fröschen wirklich bis zum Blute gelangen und auch in den Epithelialzellen will er sie gesehen haben. Selbst Blutkörperchen, zumal jene von Schafen, sollten bei Fröschen aus dem Darmkanale ins Blut übergehen. Endlich sollte auch an den leblosen Därmen von Säugethieren das Eindringen von Pigmentkörnchen in die Epithelialzellen gelingen, zumal bei einer etwas höhern Temperatur von 34°. Bestätigten sich diese Angaben, so waren sie eine starke Stütze für *Brücke's* Ansicht. *Donders* indessen ist es nicht gelungen, sich von der Richtigkeit der *Moleschott*'schen Angaben zu überzeugen. Derselbe fütterte einen Hund Tage lang mit Rindsaugen, die von Fett befreit worden waren, und konnte keine Pigmentkörnchen im Blute auffinden, und ebenso wenig waren sie nach dem Tode in den Epithelialzellen oder im Chylus zu entdecken, obwohl sie in grosser Anzahl und gehörig isolirt im Darmkanale vorkamen. Auch spritzte er zu wiederholten Malen Kaninchen Flüssigkeit in den Magen, worin fein zerriebenes Pigment von Ochsenaugen enthalten war, und der Erfolg fiel in gleicher Weise negativ aus. Eben so fielen die Versuche aus, wenn er Fröschen Schöpsenblut injicirte. Rechnen wir noch hinzu, dass bei *Funke's* (Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 7. S. 315) Versuchen Wachs und reines Stearin, in Emulsionsform gegeben, nicht aufgesaugt wurden, dann sind wir wohl berechtigt den *Moleschott*'schen Angaben die erforderliche Beweiskraft vorläufig abzusprechen.

Ob *Brücke* darin Recht hat, dass wenigstens freie Oeffnungen in der Form feiner Porenkanäle in der verdickten Zellwand vorkommen, auf welche von *Funke* und zumal von *Kölliker* (s. § 119) in der jüngsten Zeit hingewiesen wurde, darüber müssen noch fernere Untersuchungen entscheiden. Schon früher richtete *Donders* seine besondere Aufmerksamkeit darauf, ob in dem dicken Saume der Epithelialzellen ebenfalls feine Fettkügelchen zu sehen wären, und die negativen desfallsigen Resultate machte er als einen Beweis gegen *Brücke's* Meinung geltend (*Nederl. Lancet.* 1852. 548). Auch jetzt hat er wiederum vergeblich darnach gesucht. *Kölliker* findet darin keinen Gegenbeweis der hypothetischen Porenkanäle: bei der ungewöhnlichen Kleinheit wären die Fettkügelchen sehr blass und könnten somit leicht der Wahrnehmung entgehen. Ueberdies bildet er Epithelialzellen von einer Taube ab, in deren dicken Wandungen wirklich kleine dunkele Pünktchen vorkommen. Mögen nun aber auch durch die feine Vertheilung Fettpünktchen vielleicht unsichtbar werden, zumal in einer Wandung mit starkem Brechungsvermögen, so wird doch nur durch das Sichtbarsein von Fettkügelchen oder von andern Körpern der Beweis geliefert werden können, dass wirklich Kanäle in den

verdickten Wänden vorkommen. So lange diese nicht gesehen worden sind, kann man nur mit *Donders* (Die Nahrungsmittel. 1853) sagen: dass das Fett durch eine fast grenzenlos sich fortsetzende Vertheilung, wobei die Theilchen sich dem Mikroskope entziehen und in einer nebelartigen Trübung sich verbergen, geschickt gemacht wird, durch die organischen Poren der Zellmembran zu dringen.

In dem losen Gewebe der Zotten findet man das Fett auf sehr verschiedene Weise vertheilt. Im frischen Zustande untersucht sind die Fettkügelchen grösstentheils fast unmessbar klein. Sie können aber auch zu grössern Fettkugeln zusammenfliessen, was beweist, dass in dem lockern Gewebe grössere Zwischenräume vorkommen. Nicht selten wird das Fett alsdann zum Theil fest und bildet nadelförmige Krystalle. Wir haben beobachtet, dass eine grosse Fettkugel, sowohl innerhalb als ausserhalb der Zotten, sich dabei in 2 Kugeln theilt, von denen die eine aus dem flüssigen, die andere aus dem festen, körnigen oder krystallinischen Fette besteht: das flüssige Fett nämlich wird ausgedrückt und bildet ein oder auch mehrere Oeltröpfchen, das feste Fett dagegen zieht sich zusammen und bildet ebenfalls eine Kugel. Nach Ansicht der Abbildungen *Funke's* (Atlas der phys. Chemie. Taf. 8. Fig. 2) zweifeln wir nicht daran, dass jene durch *Weber* beschriebenen grossen Zellen in den Zotten des Menschen, von denen die eine körnig, die andere durchscheinend und stark lichtbrechend ist, einer solchen Trennung des Fettes zugeschrieben werden müssen.

Ursprünglich ist also das Fett nur im feinvertheilten Zustande aus den Epithelialzellen in das lockere Gewebe der Zotten gedrungen, manchmal fast ausschliesslich in die Spitzen der Zotten, manchmal in ihre ganze Länge. Im erstern Falle scheinen die Fetttheilchen mehr oder weniger netzförmig geordnet zu sein, weshalb *Weber*, *Krause* und *Bruch* annehmen, die Lymphgefässe nähmen hier ihren Anfang in netzförmiger Gestalt; im letztern Falle liegen sie scheinbar in ziemlich geraden Linien, parallel der Zottenaxe (Fig. 87). Es ist uns, zumal auf Querdurchschnitten (Fig. 88) deutlich geworden, dass diese Formen nur durch die Zwischenräume zwischen den Gefässen entstehen und dass in beiderlei Fällen das ganze Gewebe zwischen den Blutgefässen ziemlich gleichmässig mit Fettkügelchen erfüllt ist. In anderen Fällen, wie sie z. B. von *Funke* und von *Zenker* (Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 6. S. 321) beobachtet wurden, scheint eine besondere Metamorphose des Blutes zur Verwechselung von Blutgefässen Anleitung gegeben zu haben. (S. *Brücke*, Sitzungsberichte der Wiener Akademie. April 1854 und *Virchow*, Verhandlungen der phys. med. Ges. su Würzburg. Bd. 4. S. 153.) Aus der letzten Antwort *Brücke's* an *Funke* scheint zu folgen, dass *Zenker* dies selbst zugegeben hat. — Manchmal fehlen alle Spuren einer ästigen Vertheilung, und es befinden sich die kleinen Fettkügelchen dicht zusammengedrängt in einem centralen, scharf begrenzten Kanale, und in der Umgebung liegen sie mehr oder weniger vertheilt. In den breiteren Zotten von Kaninchen kommen manchmal zwei solche Kanälchen vor, welche nahe der Oberfläche verlaufen; in denen des Wiesels fand *Brücke* ebenfalls zwei oder drei solche Kanälchen, und in jenen der Ratte selbst bis zu vier. Durch Einwirkung von Alkalien wird die ganze Zotte blass, der Kanal tritt noch schärfer hervor und es zeigt sich ein structurloses begrenzendes Häutchen, welches die im Kanale befindlichen Kügelchen von den äusserlich im Zottengewebe infiltrirten trennt. War das Chylusgefäss nicht gefüllt, dann vermochten wir jenes Häutchen niemals mit Sicherheit wahrzunehmen, und es könnte also der Anschein eines Häutchens durch Diffraction bedingt sein. Auf Querschnitten zeigten sich auch nur die Oeffnungen der Blutgefässe, nicht aber die Oeffnung des Chylusgefässes, welches *Henle* (Allg. Anat. S. 543) als runde Oeffnung gesehen haben will. Die Ansicht *Brücke's*, welche auch von *Bruch* getheilt wird, dass das centrale Gefäss keine selbstständige Wandung besitzt, hält *Henle* (Jahresbericht 1853. S. 38) in so weit vielleicht für begründet, als sich die Begrenzungshaut des centralen Kanals der Zotte nicht, wie die Membran der Blutgefässe, von dem Parenchym isoliren lässt.

In der Regel kommt also in den Zotten, wie es bereits *Henle* (*Symbolae ad*

anatomiam villorum intestinalium. 1837. *Fig.* 12) abgebildet hat, ein einzelnes centrales Chylusgefäss mit ganz geschlossnen Wänden vor, und an der ganzen Oberfläche dieses Gefässes dringen die Fettkügelchen nebst einigen andern Stoffen durch das Häutchen in den Kanal ein. Dass auch an diesem keine wirklichen Oeffnungen vorkommen, ist noch daraus zu entnehmen, dass manche Stoffe, z. B. Pigmente, welche in das lockere Zottengewebe aufgenommen und hier durch die Blutgefässe aufgesaugt werden, gar nicht oder nur schwer in diesen Kanal gelangen.

Nachdem es uns gelungen war, durch Unterbindung der Venen die Blutgefässe der Zotten im stark gefüllten Zustande zur Ansicht zu bringen, haben wir gesucht die Chylusgefässe im Gekröse zu unterbinden und dadurch die Gefässe in den Zotten zu füllen. Die Chylusgefässe schwellen dadurch wirklich sehr stark zwischen dem Darme und der Ligaturstelle an und auf dem Darme selbst entwickelt sich das schönste Netz; aber nur selten haben wir eine stärkere Füllung der Chylusgefässe in den Zotten bekommen. Den Grund davon finden wir in der Contraction der Zotten, wodurch der Chylus aus dem Chylusgefässe ausgetrieben wird. Interessant ist es, dass der Chylus, der hier zwar lange Zeit flüssig bleibt, beim Nachlassen der Zottencontraction doch nicht in deren Gefässe zurückkehrt. Wahrscheinlich ist die Anwesenheit kleiner Klappen daran Schuld, von deren Vorkommen in den feinsten Aesten wir uns übrigens nicht haben überzeugen können. Hierauf stützt sich nun aber unsere Annahme, das Eindringen der Darmflüssigkeiten in die Zotten müsse von der nachfolgenden Ausdehnung durch den Blutandrang in hohem Maasse gefördert werden. Ist nämlich die Rückkehr der Flüssigkeiten behindert, dann muss die Ausdehnung der Zotten durch das eindringende Blut einen negativen Druck im Gewebe der Zotten veranlassen, wobei auch der Austritt von Substanzen aus dem Blute zu erwarten ist. *Brücke* (a. a. O. S. 15) macht mit Recht darauf aufmerksam, dass gerade hier das Blut unter einem hohen Drucke in das Haargefässsystem tritt, in Folge des in der Leber zu überwindenden Widerstandes.

Die gewichtige Thatsache der Zottencontractilität ist erst in der jüngsten Zeit durch *Brücke* der Wissenschaft einverleibt worden. Zwar hatten bereits *Lacauchie* (*Comptes rendus T.* 16. *p.* 1125) und eben so *Gruby* und *Delafond* (*Ib. p.* 1199) die Contraction der Zotten wahrgenommen, der erstere nach dem Tode, die letztern während des Lebens; ihre Mittheilungen schienen aber weniger Vertrauen zu verdienen, weil sie keine Muskelfasern nachwiesen, und sie wurden von den Physiologen nicht beachtet. *Brücke* entdeckte durchs Mikroskop die Muskelfasern, und dies leitete ihn darauf, die Contractilität zu untersuchen, wobei er die Angaben der Französischen Physiologen grösstentheils bestätigt fand. *Gruby* und *Delafond* hatten Verkürzung, Verlängerung und Seitwärtsbewegung der Zotten beschrieben. *Brücke* beobachtete nach Einwirkung von Reizen blos eine Verkürzung und auch wir haben keine andere Bewegung beobachtet. Sind sie stark zusammengezogen, dann berühren sich ihre Oberflächen und platten sich selbst gegen einander ab, so dass die Oeffnungen der *Glandulae Lieberkühnianae* ganz verdeckt werden. *Lacauchie* hatte die Einschnürung beobachtet, welche die Zotten unmittelbar nach dem Tode erfahren; er vergleicht das Aussehen der Zotten in diesem Zustande mit einem Stück *Jejunum*, welches umgestülpt ist, und zwar von einer Strecke, wo die Kerkring-schen Klappen am stärksten entwickelt sind. *Kölliker* (Mikroskop. Anat. Fig. 231) bildet die Zotten in diesem Zustande ab. Beim stärksten Contractionsgrade fanden wir viel tiefere und regelmässigere Einschnürungen, die nicht selten in ziemlicher Ausbreitung spiralig verliefen. Die abgeschnittenen Zotten, bei mässiger Vergrösserung betrachtet, ähneln sehr den Larven von *Oestrus equi*, wie sie im Magen des Pferdes vorkommen. Nach kurzer Zeit sind diese Einkerbungen grösstentheils verschwunden; dagegen erhalten sie sich, wenn man die Zotten in diesem Zustande in eine Lösung von arseniger Säure bringt und darin aufbewahrt. Zur Bildung dieser tiefen Gruben tragen vielleicht die quer verlaufenden Faserzellen bei, welche wir in manchen Zotten, namentlich in denen des Hundes, nahe der Oberfläche bemerkten. Die starke

Zusammendrückung der Epithelialzellen in der Tiefe der Einkerbungen, wo sie mit ihren freien Oberflächen gegen einander drücken, befördert wahrscheinlich den Uebergang ihres Inhalts in das Gewebe der Zotten. Vielleicht werden dabei auch einzelne von den grossen oberflächlich liegenden Kernen ausgetrieben, oder es werden selbst vollständige Epithelialzellen abgestossen. Wenigstens verdient es Beachtung, dass, wenn die Aufsaugung bereits ein Paar Stunden lang wirksam von statten ging, alsdann die Zellen mit grossen Kernen meistens gänzlich fehlen.

§ 121. Chylusgefässe und Chylusdrüsen.

Die kleinen Chylusgefässe der Zotten ergiessen sich in ein langmaschiges Netz in dem *Stratum submucosum*. Von hier dringen zahlreiche Aestchen durch die Muskelhaut und bilden, unmittelbar unter der serösen Haut, ein zweites Netz von Chylusgefässen, das man, wenn die Stämme bei Lebzeiten während der Absorption unterbunden wurden, ganz vollkommen mit einem weissen Chylus erfüllt findet. Von der Insertion des Gekröses an sieht man an beiden Seiten des Darmes, meistens mit den Blutgefässen zusammen, Chylusgefässe verlaufen, die sich in zahlreiche, mit der Loupe wahrnehmbare und bogenförmig verlaufende Aestchen theilen, welche mit den Aestchen der angrenzenden Stämme und auf der andern Seite des Darmes mit den Aestchen der hier befindlichen Stämme ein zierliches Netz bilden, dessen kleinste Aestchen sich unter der Muskelhaut verlieren. Nach Unterbindung der Lymphgefässstämme während der Aufsaugung sahen wir bei Hunden sowohl wie bei Kaninchen, wie sich dieses Netz durch starke Anfüllung mit weissem Chylus auf die schönste Weise entwickelte. Ausserdem kommen in der serösen Haut längslaufende Lymphgefässe vor, die nicht aus der Schleimhaut entsprungen sind. Im Gekröse verlaufen die kleinen Chylusgefässe, zum Theil von Fett umgeben und gemeinschaftlich mit den Blutgefässen einander entgegen und vereinigen sich unter spitzen Winkeln; es kommen aber auch hin und wieder Anastomosen zwischen diesen Aesten vor. Solchergestalt an Zahl abnehmend, an Lumen aber zunehmend erreichen die Chylusgefässe die Mesenterialdrüsen. Beim Menschen kann man drei Reihen dieser Drüsen unterscheiden: die erste, zunächst dem Darme befindlich, besteht aus kleinen, ziemlich entfernt von einander liegenden Drüsen; die zweite Reihe enthält grössere Drüsen, die auch näher bei einander liegen; die Drüsen der dritten Reihe liegen nur in der Wurzel des Gekröses um den Stamm der obern Gekröspulsader. Die meisten Chylusgefässe durchsetzen zwei oder drei Drüsen, insgesammt gehen sie aber wenigstens durch Eine Drüse, be-

vor sie das *Receptaculum chyli* erreichen. Die *vasa inferentia* sind meistens in grösserer Menge vorhanden, dabei aber dünner als die *vasa efferentia*, die ihrerseits wieder für die folgende Drüsenreihe die Rolle der *vasa inferentia* spielen können.

Das *Receptaculum chyli* bildet während der Absorption eine längliche Erweiterung und setzt sich nach oben in den *Ductus thoracicus* fort, der auch die Lymphe der meisten Lymphgefässe aufnimmt und zuletzt in die linke *Vena subclavia* mündet.

Ausser den Mesenterialdrüsen hat man auch die *Glandulae solitariae* und *Peyerianae* im *Stratum submucosum* des Darmes mit dem Lymphgefässsysteme in Zusammenhang gebracht. Wir werden deshalb in den folgenden Paragraphen der Reihe nach den Bau der Chylusgefässe, der Mesenterialdrüsen und der genannten Follikel des Darmes beschreiben.

Nach *Brücke* (a. a. O. S. 19) sollen die Chylusgefässe im *Stratum submucosum* mehr dendritisch sich verhalten und nur eine scheinbare Netzbildung besitzen. Nach seinem Befunde schöpfen diese Chylusgefässe ihren Inhalt nicht blos aus den Darmzotten, sondern auch aus den Räumen zwischen den Lieberkühnschen Krypten, in welchen die Chyluskörnchen, ebenso wie in den Zotten, nicht in eigenen mit selbständigen Wandungen versehenen Gefässen, sondern in den Zwischenräumen der Gewebselemente liegen sollen. Der Chylus soll hier auf directem Wege eingedrungen sein und den Zwischenräumen zwischen den Krypten das Aussehn eines Netzes mit sechseckigen Maschen ertheilen, welches indessen keine eignen Wandungen hat. Zu gleichen Resultaten gelangte auch *Cnoop Coopmans* (*Nederl. Lancet* 3e *Serie V.* 90), der unter *Brücke's* Anleitung arbeitete.

Um die Chylusgefässe zu studiren, lässt *Brücke* die zuvor am liebsten mit Milch gefütterten Thiere ein Paar Tage liegen, nachdem ihnen der Hals zugeschnürt worden ist. Der Chylus ist alsdann coagulirt. Um die Schleimhaut hinlänglich durchscheinend zu machen, benutzt er Natronalbuminat, welches mit verdünnter Salzsäure neutralisirt und dann filtrirt worden ist.

§ 122. Bau der Chylusgefässe und Chylusdrüsen.

Die kleinsten Chylusgefässe, jene der Zotten nämlich, bestehen nur aus einer structurlosen Haut, die sich nicht isoliren lässt. In kleinen Stämmen kann man schon ein Epithelium, elastische Elemente, quere Muskelbündel und eine Bindegewebsschicht unterscheiden, welche letztere am dicksten ist, und in den grössern Stämmen isolirte Bündel längslaufender Faserzellen besitzt. Die Wandungen sind sehr dünn, leicht ausdehnbar, elastisch und zugleich auch contractil. (S. Allgem. Phys.) Schon in sehr kleinen Lymphgefässen kommen zahlreiche Klappen vor (Fig. 90), durch welche die Richtung ihres Inhalts bestimmt wird.

Die Chylusdrüsen stimmen im Bau mit den übrigen Lymphdrüsen überein: sie besitzen eine dünne aber feste Bindegewebshülle, dünne elastische Fasern, und an manchen Stellen kommen auch Faserzellen vor. Diese Hülle setzt sich in die Drüse fort und bildet Scheidewände, wodurch das Drüsengewebe in mehr oder weniger zusammenhängende Räume oder Läppchen getheilt wird. An der Oberfläche der Drüse befindet sich nämlich eine Reihe rundlicher Läppchen von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Millim. Durchmesser, die beinahe vollständig durch jenes Bindegewebe begrenzt werden; im Innern dagegen sind die Zwischenwände unregelmässiger und sie trennen die kleineren hier vorhandenen Läppchen nur unvollkommen von einander. Die äussere Drüsenschicht erscheint auf Durchschnitten fast weiss und sie ist arm an Blut- und Chylusgefässen; mehr nach der Mitte hin erscheint die Drüse stärker roth gefärbt, was von den zahlreichen, zum Theil ziemlich weiten Blutgefässen herrührt.

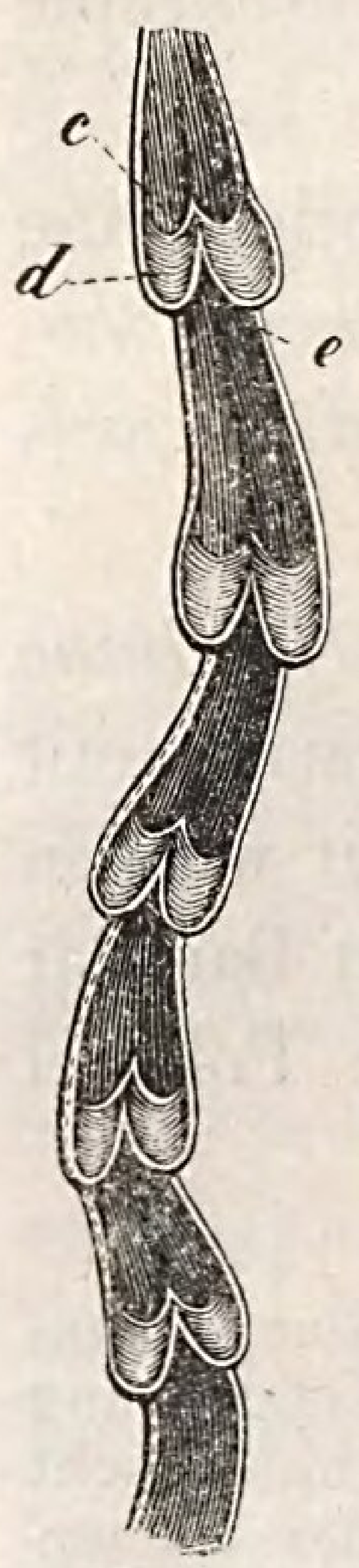


Fig. 90.

Die erwähnten Läppchen bestehn aus einem sehr zarten Stroma, welches aus netzförmig verbundenen Fasern zusammengesetzt ist (Fig. 91). In den Maschen dieses Netzwerks liegt die eigentliche Pulpa der Drüsen, eine eiweisshaltige, alkalisch reagirende Flüssigkeit mit vielen Kernen und Zellen. Die Kerne haben $\frac{1}{250}$ bis $\frac{1}{150}$ Millim. Durchmesser; ihr Inhalt ist beinahe homogen, er wird durch Wasser und schwache Säuren dunkler, durch Alkalien (nur nicht die kohlensauern) blasser. Die Zellen haben meistens $\frac{1}{150}$ bis $\frac{1}{120}$ Millim. Durchmesser, manche auch bis $\frac{1}{75}$ Millim., und besitzen Kerne, welche mit den freien Kernen übereinstimmen. Die Blutgefässe verbreiten sich nicht allein in dem Gewebe der *Septa,* sondern bilden auch Capillarnetze in dem lockern mit Pulpa erfüllten Stroma, wie es in den äussern Läppchen auch ohne Injection leicht wahrnehmbar ist.

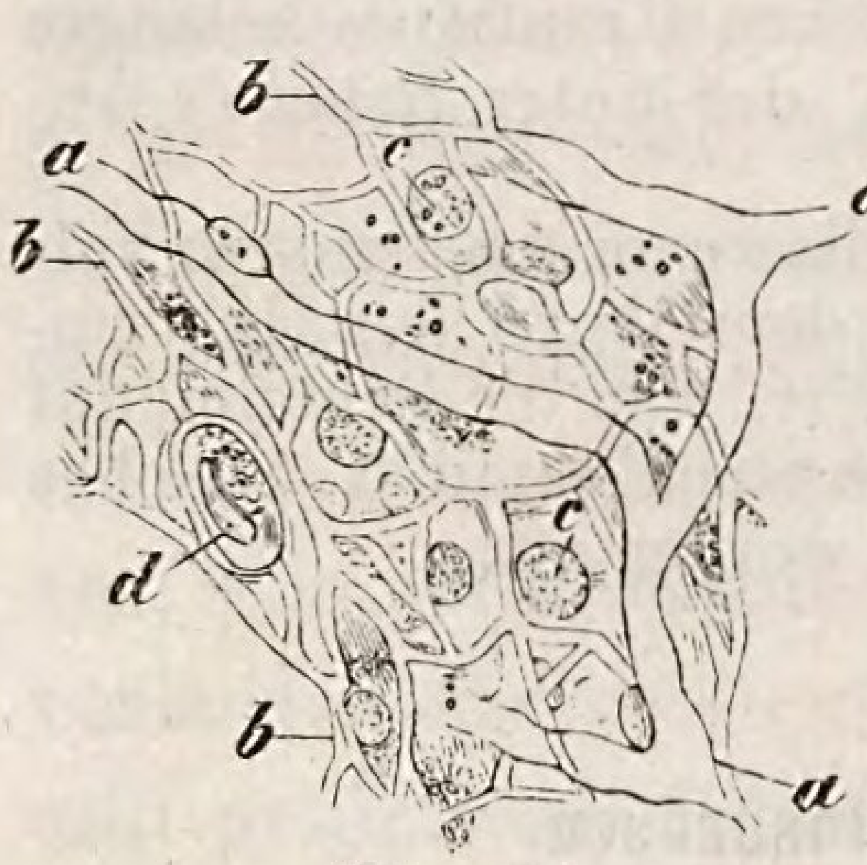


Fig. 91.

Fig. 90. Aufgeschnittenes und vergrössertes kleines Lymphgefäss mit paarigen Klappen, nach *Todd* und *Bowman*. *c* Die Tasche zwischen Klappe und Gefässwand. *d* Innere Fläche einer Klappe. *e* Deren festsitzender Rand.

Fig. 91. Durchschnitt eines oberflächlichen Läppchens einer Mesenterialdrüse des Hundes; 450malige Vergrösserung. *aaa* Capillargefässnetze. *bbb* Fasern im Stroma der Drüse. *cc* Drüsenzellen. *d* Ein Entozoenovulum.

Das Verhalten der Chylusgefässe zu diesen Drüsen ist von hoher physiologischer Wichtigkeit, aber schwer zu ermitteln. Nach Unterbindung des *Ductus thoracicus* bei lebenden Thieren, gerade während die Aufsaugung statt fand, sahen wir, dass die *vasa inferentia* an der Oberfläche, unmittelbar unter der durchscheinenden Hülle sich zu einem regelmässigen Netze ausbreiteten, welches die äussern Läppchen genau begrenzte, und woraus auf der andern Seite wiederum Stämme von Chylusgefässen entstanden (Fig. 92). Durch dieses Netz kann der eintretende Chylus auf der andern Seite wieder heraus, ohne dass er in das Drüsengewebe übergeht. Ohne Zweifel dringen aber viele Chylusgefässe unter die Hülle der Drüse in das Drüsengewebe ein, und wenn die Drüse während der Aufsaugung durchschnitten wird, dann kommt der Chylus als eine weisse, fetthaltige Flüssigkeit in Menge zum Vorschein. Setzt man eine an beiden Seiten unterbundene Drüse einer Temperatur von 80⁰ aus, dann gerinnt der Chylus sowohl als die Pulpa, und auf feinen Durchschnitten, zumal wenn sie mit Alkalien behandelt werden, kann man sich davon überzeugen, dass der fetthaltige Chylus in ziemlich weiten netzförmig verbundenen Räumen, denen aber die scharfe Begrenzung fehlt, um die Pulpa der Drüsenläppchen ausgebreitet ist. Um die fetthaltigen Streifen herum konnten wir keine begrenzenden Wandungen wahrnehmen, der Chylus war vielfach in das Stroma und in die darin enthaltene Pulpa der Drüsenläppchen eingedrungen. Das schöne Netz (Fig. 93), welches wir nach der Injection der Chylusgefässe bei einem lebenden Hunde aus dem Innern der Drüse erhielten, entbehrt ebenfalls der scharfen Begrenzung. Dies findet seine Erklärung in dem, was wir auf sehr dünnen Durchschnitten chylusarmer Drüsen von Hunden sahen. Hier

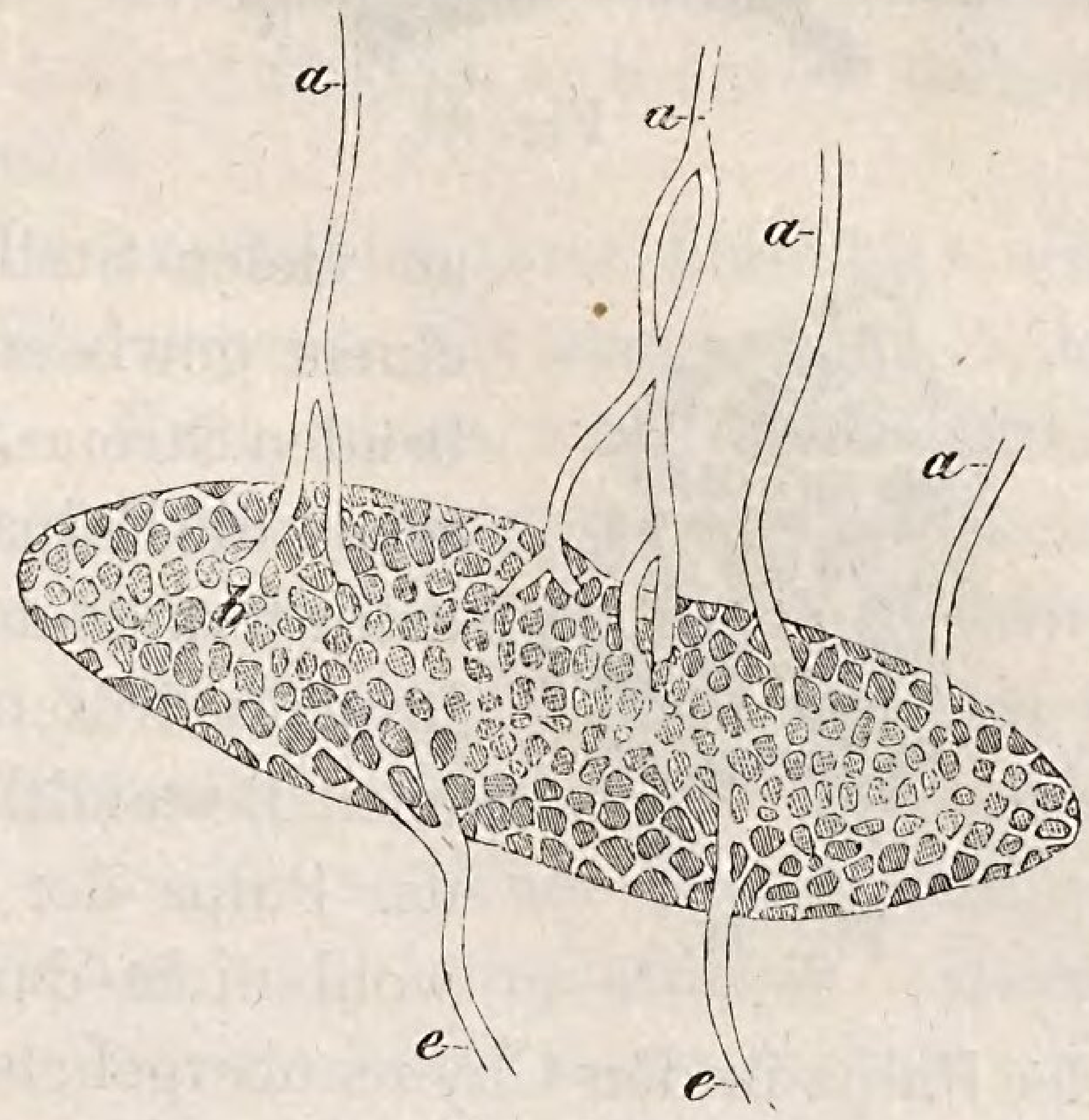


Fig. 92.

Fig. 92. Oberfläche einer mit Chylus gefüllten Mesenterialdrüse des Hundes, in vierfacher Vergrösserung. *aaa Vasa afferentia. ee Vasa efferentia. b* Netz von Chylusgefässen, wodurch die oberflächlichen Läppchen begrenzt werden.

zeigten sich nämlich grosse rundliche Höhlen oder Kanäle von $\frac{1}{35}$ bis $\frac{1}{10}$ Millim. Durchmesser, die nur durch ein dünnes Häutchen begrenzt wurden, worin sich vielfach zahlreiche kleine Oeffnungen von $\frac{1}{600}$ bis $\frac{1}{80}$, meistens etwa von $\frac{1}{300}$ Mill. Durchmesser befanden (Fig. 94). Die erwähnten Höhlen oder Kanäle sind nichts anderes als die Chylusgefässe, und da ihre Wände an vielen Stellen Oeffnungen besitzen und in einem gewissen Sinne den Anfang des umgebenden Stroma bilden, so kann der Chylus zwischen die Pulpa infiltriren. Berücksichtigt man dann ferner, dass der Chylus, welcher die Chylusgefässdrüsen durchsetzt hat, reicher mit solchen Bestandtheilen ausgestattet ist, wie sie in der Pulpa der Drüse enthalten sind, dann ist wohl nicht daran zu zweifeln, dass die Zellen der Pulpa in den Chylus übergehen. — Das Vorkommen von Faserzellen in der Hülle und in den *Septa* der Lymphdrüsen, wovon *Heyfelder* spricht, glaubten wir auch aus der Form der Kerne entnehmen zu können, zumal in dem Gewebe der *Septa*. *Heyfelder* will Contractionen auf galvanische Reizung wahrgenommen haben; diese blieben jedoch bei unsern Versuchen aus. Kommen dergleichen während des Lebens vor, so wird das Blut und der Chylus mit einem Theile der Pulpa ausgetrieben und der Chylus in der Richtung nach dem *Ductus thoracicus* fortbewegt werden können. Aber auch ohne eine solche Contraction ist es begreiflich, dass das Product der Drüse, gleichwie es in andern Drüsen der Fall ist, unter einem gewissen Drucke abgesondert und in den Lymphgefässen fortgetrieben wird.

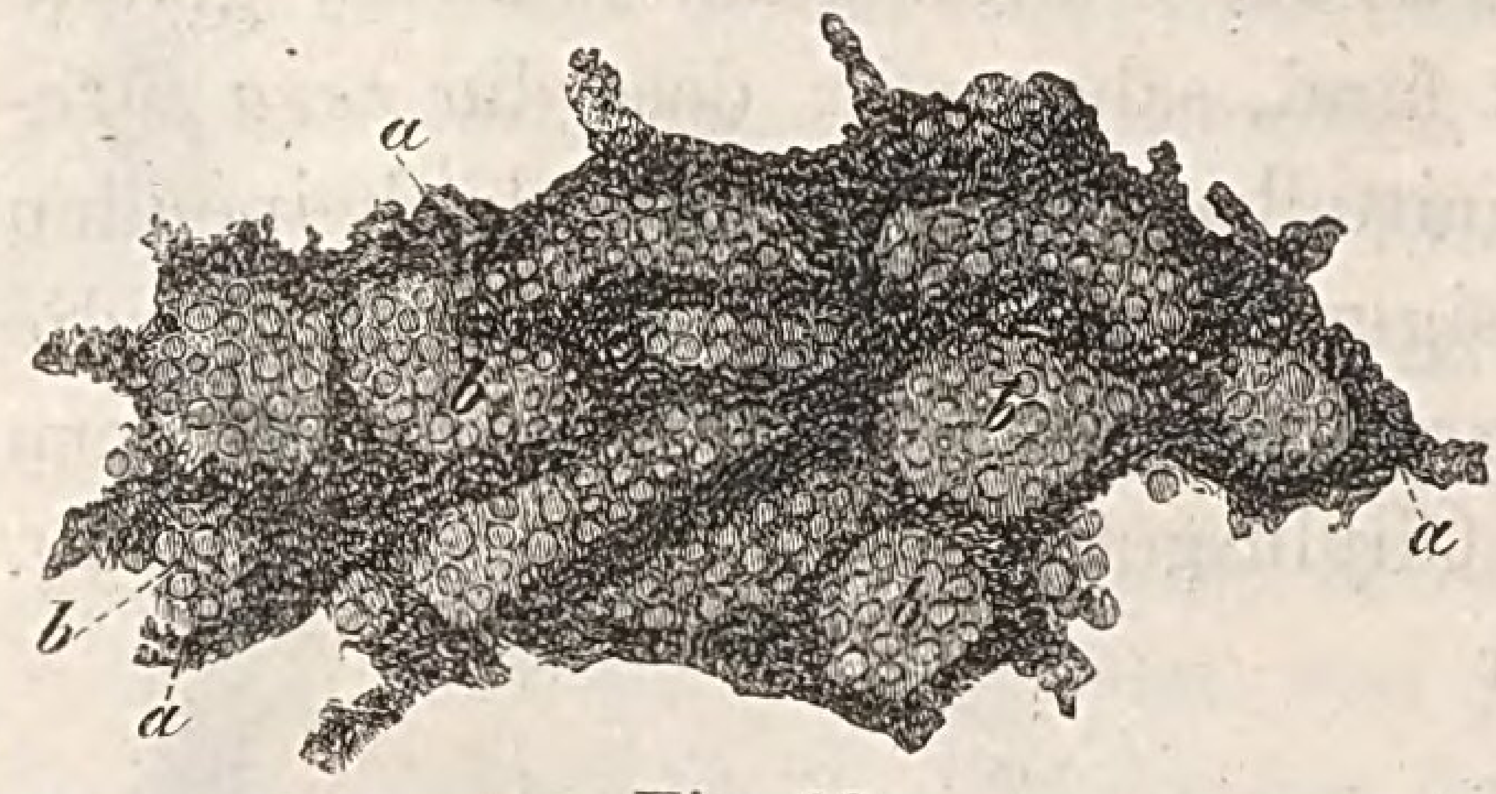


Fig. 93.



Fig. 94.

Schon früher (§ 85) geschah der geschlossenen Bläschen Er-

Fig. 93. Mesenterialdrüse eines Hundes mit eingespritzten Chylusgefässen, bei durchfallendem Lichte gesehen; 70malige Vergrösserung. *aaa* Chylusgefässe, ohne geschlossene Wandungen. *bbbb* Abtheilungen der Läppchen mit Zellen im Stroma.

Fig. 94. Häutchen eines Chylusgefässes aus der Mesenterialdrüse des Hundes; 500malige Vergrösserung. 1 1 1 1 Fasern. 2 2 2 2 Zwischenräume oder Oeffnungen.

wähnung, die im Unterschleimhautgewebe der Gedärme unter der verdünnten Drüsenlage sich befinden. Im *Ileum* bilden sie ovale Gruppen gegenüber der Insertion des Gekröses und sie führen den Namen der *Glandulae Peyerianae*. In den übrigen Gedärmen kommen sie isolirt vor als *Glandulae solitariae*. Es sind ganz geschlossene Bläschen von beinahe sphärischer Form, die nach der Schleimhaut zu bei vielen Thieren sich etwas zuspitzen und bis zum Bersten aufschwellen, wenn der aufgeschnittene Darm in Wasser aufbewahrt wird. Im ausgedehnten Zustande nimmt man sie nach Entfernung der Muskelhaut leicht wahr und kann sich davon überzeugen, dass sie ganz geschlossen sind.

Die Hülle der Bläschen ist ungeachtet ihrer Dünnheit doch ziemlich fest; sie besteht aus Bindegewebe mit atrophischen Zellen und feinen elastischen Fasern. Nach innen wird dieses umhüllende Gewebe immer sparsamer und sparsamer und bildet ein höchst zartes faseriges Stroma, das wir aber nicht immer bis in die Mitte des Bläschens zu verfolgen im Stande waren. Der Inhalt besteht aus einer geringen Menge eiweisshaltiger Flüssigkeit, worin freie Kerne und kernhaltige Zellen von verschiedener Grösse vorkommen, gleichwie in den Läppchen der Lymphdrüsen. Haben sich die Bläschen in Wasser stark ausgedehnt, dann entleert sich, wenn sie durch Druck oder durch Anstechen geöffnet werden, eine mit den erwähnten Zellen und Kernen versehene Flüssigkeit, ohne dass eine Spur des Stroma sichtbar wird. Unverkennbar sieht man dasselbe aber auf queren Durchschnitten der getrockneten Bläschen, wenigstens in der Nähe der Hülle. Zwischen dem Stroma und der Pulpa befindet sich ein Netz von Haargefässen, welches von den umgebenden Stämmen ausgeht und in der Mitte der Bläschen rückkehrende Schlingen bildet.

Die Peyerschen Drüsen und die *Glandulae solitariae* hielt man früher für absondernde Drüsen, die von Zeit zu Zeit bersten und ihren Inhalt auf die Schleimhautoberfläche entleeren sollten. Wirklich trifft man sie in menschlichen Leichen nicht selten geborsten an. Da dies aber bei gesunden, frisch geschlachteten Thieren niemals wahrgenommen wird, so muss es als Leichenerscheinung oder als pathologischer Zustand angesehen werden.

Brücke hält die genannten Organe für kleine Lymphdrüsen, und nach der gegebenen Beschreibung stimmen sie wirklich mit der äussersten Schicht von Läppchen in den Lymphdrüsen in hohem

Grade überein. Während der Aufsaugung im Darmkanale schwellen sie an, und manchmal bemerkt man um die Bläschen herum ein Netz von Chylusgefässen, ganz ähnlich wie auf der Oberfläche der Mesenterialdrüsen. An der Richtigkeit von *Brücke's* Hypothese, dass diese Bläschen in directer Verbindung mit den Lymphgefässen stehen, ist daher kaum zu zweifeln. Einmal fand er sie stark mit Fett gefüllt. Da aber Fett so selten darin vorkommt, so muss wohl angenommen werden, dass es keine eintretenden Chylusgefässe sind, vielmehr die in den Drüschen gebildeten Stoffe unter einem gewissen Drucke abgesondert und durch Kanäle, welche mit den Lymphgefässen in Zusammenhang stehen, dorthin getrieben werden. Das Nämliche kann in den oberflächlichen Läppchen der Mesenterialdrüsen geschehen, worin man in seltenen Fällen ebenfalls Fett antrifft.

Der Bau der feinsten Lymphgefässe ist sehr schwer zu erforschen. In den Zotten haben wir geglaubt dem centralen Gefässe mit Sicherheit eine begrenzte Wandung zuschreiben zu dürfen, obgleich eine solche sich nicht isoliren lässt, und der nämlichen Ansicht ist auch *Gerlach*. Ueber die Lymphgefässe in der Unterschleimhautschicht haben wir zu keiner entschiedenen Ansicht gelangen können. Nach *Brücke* kann man sagen, das ganze submucöse Bindegewebe bestehe, abgesehen von den Nervenscheiden, nur aus Faserzügen, welche die *Adventitia* der Blut- und Lymphgefässe entweder bilden, oder sich von ihr abzweigen, um die Zwischenräume zwischen denselben auszufüllen. Beim Schweine und bei einem Kinde hat er längslaufende Faserzellen in den Gefässen der submucösen Schicht erkennen können (a. a. O. S. 30). In Lymphgefässen von $\frac{1}{50}$ Millim. glaubte er noch Epithelium zu sehen, das in den kleinen klappenlosen Gefässen fehlte. Er sah übrigens nur dichtere Bindegewebsbündel um das gefüllte Gefäss herum, von dem er keine eigenthümliche Wandung zu isoliren vermochte. Beim Kaninchen beobachtete *Brücke* (S. 21), dass die Chylusgefässe im Darme Räume um die Blutgefässe bildeten, ähnlich wie man es bei Amphibien an den grössern Gefässen gefunden hat. — Der Bau der grössern Gefässe lässt sich gut untersuchen, auch an Querschnitten getrockneter Gefässe. (S. *Kölliker*, Mikrosk. Anat. II. 2. Hälfte S. 186 flg.)

Mit der Function der Lymphdrüsen und der Follikel des Darmes steht die Frage im genauesten Zusammenhange, wie sich die Lymphgefässe zu diesen Organen verhalten. *Malpighi* erkannte in den Lymphdrüsen nur eine Vereinigung zelliger Räume, die mit einander in Gemeinschaft ständen; da hinein sollten sich auf der einen Seite die *vasa afferentia* öffnen, und da heraus sollten von der andern Seite die *vasa efferentia* kommen. Die Ansicht von *Ludwig* und *Noll* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9. S. 52) ist davon kaum abweichend. Nach Injection mit gefärbtem Leime beobachteten sie eine Anfüllung der oberflächlichen Gefässe, und dass dann die Masse in die Höhlungen eindringt, ohne jedoch ein begrenztes Lymphgefässnetz im Innern der Drüse zu füllen. *Kölliker* (Handb. d. Gewebelehre des Menschen. 1852. S. 563) gelangte zu dem nämlichen Resultate, und *Todd* und *Bowman* (T. 4. p. 274) betrachten die Bläschen der Lymphdrüsen als Erweiterungen der eintretenden Lymphgefässe, aus denen dann wieder die austretenden Lymphgefässe entspringen sollen. Sie fanden *J. Goodsir's* Beschreibung (*J. and H. Goodsir*, *Anat. and pathological Observations. Edinb.* 1845) richtig, dass die äussern Häute der Lymphgefässe in die Drüsenhülle übergehen, und dass zugleich an die Stelle des dünnen Epitheliums innerhalb der Drüse eine dicke Schicht kernhaltiger Zellen tritt, die mit Lymphkügelchen übereinstimmen, und es kommt ihnen wahrscheinlich vor,

dass diese Körperchen nach und nach frei werden und sich mit dem durchtretenden Chylus vermengen. Der gesammte Bläscheninhalt erscheint bei dieser Auffassung als eine Fortsetzung des Epitheliums, die ganzen Bläschen aber als Erweiterungen von Lymphgefässen. — Das Stroma der Drüsenläppchen oder der sogenannten Bläschen wurde bei allen diesen Untersuchungen übersehen.

Wenn auch *Kölliker's* frühere Ansicht von der oben angeführten kaum abweicht, so schien es ihm doch schwer zu fallen, den Uebergang der morphologischen Elemente der Drüsenzellen in den Chylus anzunehmen. Ein solcher Uebergang kann jedoch unsres Erachtens nicht bezweifelt werden. *Heyfelder* (Ueber den Bau der Lymphdrüsen. Breslau und Bonn 1852) ist durch Vergleichung des Chylus, den er unmittelbar vor und hinter den Drüsen sammelte, zu dem nämlichen Resultate gelangt. Ganz bestimmt spricht aber für jene Auffassung das Vorkommen eines fetthaltigen Chylus, mit den morphologischen Drüsenelementen, den wir auf Durchschnitten von Drüsen wahrnehmen, welche einer Temperatur von 80° ausgesetzt worden waren, ferner dann die Resultate der Injectionen eines mit Zinnober gefärbten Leims (Fig. 93), so wie die Oeffnungen, die wir in den Wandungen der Chylusgefässe gesehen haben (Fig. 94). Sollten auch die Zellen der Pulpa, da sie in ein zartes Stroma mit Capillaren eingeschlossen sind, nicht einfach als Inhalt der Chylusgefässe zu betrachten sein, so werden doch jene, welche unmittelbar an den Chylusstrom grenzen, leicht in diesen übertreten, zumal wenn sie durch neue Production sich vermehren und fortgeschoben werden. *Brücke's* gründliche Untersuchungen, welche unabhängig von den *Donders'schen* ausgeführt wurden, haben ziemlich gleiche Resultate geliefert, und nachdem *Kölliker* damit bekannt geworden war und durch mündliche Mittheilung die Resultate und die Untersuchungsmethoden von *Donders* erfahren hatte, nahm dieser die Untersuchung wiederum vor, und jetzt giebt er eine Beschreibung (Verhandlungen der phys. med. Gesellsch. in Würzburg. Bd. 4. S. 107), welche von der unsrigen kaum abweicht; er kommt zuletzt zu dem Schlusse, dass die grosse Mehrzahl der Chyluskörperchen und der Lymphkörperchen in den Lymphdrüsen gebildet wird.

Für die Bildung der Chyluskörperchen in diesen Drüsen sprechen überdies auch noch die Beobachtungen von *Virchow* (Archiv f. pathol. Anat. Bd. 5. S. 43) und von *Bennett* (*Leucocythemia or white cellblood in relation to the Physiology of the lymphatic glandular System.* 1852), die bei Hypertrophie der Lymphdrüsen und besonders auch bei Hypertrophie der Milz eine ungewöhnliche Menge ungefärbter Körperchen im Blute fanden. Letzterer sucht in einem besondern Kapitel (p. 99) zu beweisen, dass farblose Blutkörperchen in den Lymphdrüsen und ebenso in den sogenannten Blutdrüsen entstehen, und auch *Virchow* (S. 121) findet es sehr wahrscheinlich, dass Drüsenzellen in die Lymphgefässe übergehen.

Das Nämliche scheint nun aber auch von den Peyerschen Drüsen und den *Glandulae solitariae* zu gelten. *Peyer* (*De glandulis intestinorum.* 1677) glaubte in jedem Follikel eine Oeffnung vorhanden, und hielt sie für absondernde Drüsen. Neuerer Zeit haben noch Einzelne angenommen, dass sie wenigstens von Zeit zu Zeit bersteten, obwohl *Böhm* (*De glandularum intestinorum structura penitiori. Berol.* 1835. — Die kranke Darmschleimhaut in der asiatischen Cholera. 1838) nachgewiesen hatte, dass es geschlossne Bläschen sind, in denen nun auch vor kurzem die Anwesenheit von Blutgefässen durch *Frey* (*Ernst*, Die Anordnung der Blutgefässe in den Darmhäuten. Zürich, 1851 und *Ecker*, *Icones physiologicae. Tab. II. Fig.* 14—16, 21, 23) entdeckt wurde. Wir theilen mit *Kölliker* und mit *Brücke* (Denkschriften der Wiener Akademie Bd. 2. 1850) die Ueberzeugung, dass sie im gesunden Zustande niemals eine Oeffnung auf der freien Oberfläche der Schleimhaut besitzen. Nach der *Tunica nervea* zu sahen *Brücke* und *Henle* (Jahresbericht f. 1853. S. 63) die Peyerschen Drüsen unter einander und mit dem angrenzenden Gewebe ohne scharfe Grenzen im Zusammenhange.

Brücke hat zuerst dargethan, dass die Chylusgefässe mit dem Inhalte dieser Follikel in directer Verbindung stehen. Als er mit Alkannawurzel gefärbtes

Terpentinöl im Darme einem Drucke aussetzte, bemerkte er den Uebergang des Farbstoffs in die aus der Umgebung der Peyerschen Drüsen entspringenden Chylusgefässe, und dann fand er einige Bläschen an der freien Fläche eingerissen. Auch gelang es ihm, mittelst eines gläsernen Röhrchens diese Gefässe unmittelbar von den Follikeln der Peyer'schen Drüsen her zu füllen: es bildete sich nämlich erst eine röthliche Stelle in dem Follikel, und gleich darauf entstand ein feines Netz zwischen den verschiedenen Follikeln, aus dem sich der Farbestoff bis in die Chylusgefässe des Gekröses verbreitete. Nach Injectionen fand er die Bläschen nirgends geborsten; es liessen sich aber auch keine Chylusgefässe auffinden, die mit Sicherheit aus den Bläschen entsprungen wären. Dass man einen fetthaltigen Chylus so selten in den Bläschen antrifft, das lässt sich, wie bereits oben angegeben wurde, keineswegs als ein Grund dafür geltend machen, dass der Zusammenhang mit den Lymphgefässen fehle. Nur die Annahme eintretender und austretender Lymphgefässe wird dadurch unzulässig, die aber auch wenigstens in den oberflächlichsten Läppchen der Lymphdrüsen nicht vorkommen. Wir nehmen also mit *Brücke* an, die Peyerschen Drüsen sind Lymphdrüsen in der Wandung der Därme, durch welche dem Chylus seine ersten organisirten Elemente zugeführt werden. Beim Schweine mit den stark entwickelten Peyerschen Drüsen ist die Uebereinstimmung ganz entschieden; ihre Anschwellung während der Aufsaugung und ihre pathologischen Veränderungen (bei Typhus u. Tuberculosis) gleichzeitig mit jenen der Mesenterialdrüsen sprechen ebenso dafür, dass es Lymphdrüsen sind.

123. Der Chylus und dessen Entwickelung.

Oeffnet man einem lebenden oder eben getödteten Thiere die Bauchhöhle, so findet man in den Lymphgefässen des Gekröses eine gewisse Menge von Flüssigkeit, welche rasch ausgetrieben wird, sobald der Blutumlauf in den Gedärmen aufgehört hat. Diese Flüssigkeit ist nicht immer die nämliche. Sie kommt aus den Zotten des Darmes: theils aber ist sie aus den Stoffen zusammengesetzt, die im Darmkanale aufgesaugt wurden, theils aus der Ernährungsflüssigkeit von den Blutgefässen der Zotten selbst. Angenommen nun, aus dem Blute kämen immer die nämlichen Substanzen, so würde diese Flüssigkeit nur durch die mehr oder weniger lebhafte Aufsaugung und durch die Qualität der aufgesaugten Substanzen Modificationen erfahren. Damit stimmt es, dass die Flüssigkeit bei nüchternen Thieren immer eine durchsichtige Lymphe ist, dass sie dagegen während der Aufsaugung in der Regel weiss gefärbt ist, und zwar um so weisser, je rascher die Fettaufsaugung vor sich geht, welche ganz oder doch grösstentheils durch diese Gefässe bewirkt wird.

Hieraus ergiebt sich nun, dass zwischen Chylus und Chylus ein grosser Unterschied ist. Dazu kommt noch, dass diese Flüssigkeit auf ihrem Wege nach dem Blute fortwährende Veränderungen erleidet, denn sie ist in einer fortwährenden Entwickelung begriffen. Es treten Veränderungen ein in den Lymphgefässen selbst, beson-

ders aber in den Lymphdrüsen, in denen auch morphologische Elemente aus dem Drüsengewebe aufgenommen werden. Endlich vereinigt sich die Lymphe der verschiedenen Lymphgefässe mit dem Chylus, und deshalb haben wir an den durch den *Ductus thoracicus* gehenden Substanzen weder in quantitativer noch auch in qualitativer Hinsicht einen Maassstab für die Aufsaugung im Darmkanale.

Mit der Bezeichnung Chylus ist daher kein ganz scharfer Begriff zu verbinden. Um eine richtige Vorstellung davon zu bekommen, wollen wir ihn von der Aufsaugung im Darmkanale an bis zum Blutgefässsysteme verfolgen.

In dem centralen Lymphgefässe der Zotten haben wir niemals andere Formelemente gesehen, als sehr fein vertheilte Fettkügelchen, die ziemlich gleiche Grösse hatten. Auch in den Lymphgefässen des Mesenteriums, die noch nicht zu Lymphdrüsen gelangt sind, herrschen die Elementarkörnchen vor, die nichts anderes sind, als Fettkügelchen, welche durch ein albuminöses Häutchen begrenzt werden. Sie erzeugen die weisse Färbung des Chylus, welche durch Behandlung mit Aether verschwindet; auch trifft man sie in um so grösserer Menge an, je fetthaltiger die Nahrung und der Chylus selbst erscheinen. In diesen Gefässen kommen auch bereits einzelne Körnchenhaufen vor, die aus Elementarkörnchen und einzelnen schärfer begrenzten Kernen von $\frac{1}{500}$ bis $\frac{1}{200}$ Millim. bestehen.

In den *Vasa efferentia* kommen alle jene Formen vor, welche in den *Vasa afferentia* gefunden wurden, es haben aber die Kerne und besonders die kernhaltigen Zellen (die eigentlichen Chyluskörperchen) an Menge und im Ganzen auch an Grösse zugenommen. Die meisten Zellen messen jetzt $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{130}$ Millim., einzelne auch $\frac{1}{120}$ bis $\frac{1}{85}$ Millim. Die Kerne kommen meistens erst durch Wasser oder Essigsäure deutlich zum Vorschein, wodurch sich die Zellmembranen von dem Inhalte trennen.

Mit diesen Veränderungen der morphologischen Elemente in den Lymphdrüsen verbindet sich zugleich eine chemische Veränderung: die vorher schon klebrige, trübe oder weisse, leicht alkalische, eiweiss- und fetthaltige Flüssigkeit von salzig-süsslichem Geschmacke und eigenthümlichem Geruche hat nun auch noch die Eigenschaft angenommen, von selbst zu gerinnen, die sie vor dem Durchtreten durch die Mesenterialdrüsen gar nicht oder nur in unbedeutendem Maasse besass. Faserstoff hat sich also gebildet oder ist hinzugetreten, der die Gerinnung bedingt und meistens eine

Trennung in einen Chyluskuchen mit Chyluskörperchen und in Chylusserum mit Elementarkörnchen zur Folge hat.

Im *Ductus thoracicus* treten die morphologischen Elemente mehr zurück. Dies erklärt sich aus dem Zutritte von Lymphe, die ärmer an Chylus- oder Lymphkügelchen ist, als der Chylus, und die auch keine Elementarkörnchen führt. Je weniger Chylus aus dem Darmkanale zutritt, desto mehr stimmt der Inhalt des *Ductus thoracicus* mit der gewöhnlichem Lymphe, welche in der Allgem. Phys. ihre nähere Erörterung findet.

Durch die Lymphe, besonders durch die Milzlymphe, werden auch nicht selten, besonders im nüchternen Zustande, einige Blutkörperchen zugeführt, wodurch der Chylus eine schwach röthliche Färbung annehmen kann.

Wie die morphologischen Elemente des Chylus sich entwickeln und wo diese Entwickelung vor sich geht, das ist noch nicht gehörig aufgehellt. Ueber die Bildungsweise dieser Elemente haben vornehmlich *Henle* mit *H. Müller*, desgleichen *Kölliker* die Resultate ihrer Untersuchungen mitgetheilt. Letzterer nimmt an, die Zellen entwickelten sich auf gewöhnliche Weise um vorher vorhandene Kerne, deren Ursprung er aber nicht näher untersucht hat. Jetzt spricht er mit Bestimmtheit aus, dass die Zellen auch in den *Vasa efferentia* durch Theilung sich vermehren können. *Henle* und *Müller* lassen in einem aus Elementarkörnchen bestehenden Häufchen die Scheidung in eine Zellmembran und einen kernhaltigen Inhalt vor sich gehen, in welchem letzteren der Kern aber erst durch Einwirkung von Wasser oder von Essigsäure zu Stande kommen soll. — Nur soviel lässt sich mit Sicherheit sagen, dass in vielen Chyluskörperchen, gleichwie in den farblosen Blutkörperchen, ursprünglich Kerne vorkommen. Es ist uns geglückt, in dem körnigen Inhalte einzelner Molecularbewegung wahrzunehmen.

Müller und *Henle* sowohl als *Kölliker* gingen von der Ansicht aus, die Entwickelung der morphologischen Elemente des Chylus erfolge in den Chylusgefässen selbst. Sie wollen die Chyluskörperchen von den Zellen im Parenchyme der Mesenterialdrüsen streng geschieden wissen. Aus dem vorigen Paragraphen ist aber bereits ersichtlich, dass wir einen directen Uebergang der morphologischen Elemente des Drüsengewebes in den Chylus schon aus anatomischen Gründen annehmen, und dass *Kölliker* jetzt damit einverstanden ist. *Brücke* giebt ausdrücklich an, dass bei eiweisshaltiger

und fettloser Nahrung ein ganz durchscheinender Chylus in die Drüsen eintritt, der aber in den *Vasa efferentia* bereits undurchsichtig geworden ist und zwar durch die in der Drüse hinzugetretenen Chyluskörperchen. Ob ausserdem im Chylus selbst Chyluskörperchen sich bilden können, das lassen wir unentschieden. *Brücke* lässt jene im Chylus der *Vasa inferentia* enthaltenen in den Peyerschen Drüsen und in den *Glandulae solitariae* entstehen, die, wie wir fanden, als Lymphdrüsen anzusehen sind. In Betreff der gefärbten Blutkörperchen, welche vornehmlich durch die Lymphgefässe der Milz zugeführt werden, neigen wir in Ermangelung von Uebergangsformen zu der Annahme, dass sie, und vielleicht mehr zufällig, aus dem Gefässsysteme kommen.

Fenwick (*the Lancet*, 1845) denkt sich das Lymphgefässsystem mit den Chylusgefässen als eine Drüse, zu der sich die Lymph- und Chylusgefässe als Ausführungsgänge, und der *Ductus thoracicus* als Hauptstamm verhalten. Aus der Ernährungsflüssigkeit wird die Lymphe überall in diese verästelte röhrenförmige Drüse abgesondert. Wenn viele Substanzen aus dem Darmkanale in die Chylusgefässe übertreten und diese als ein Aufsaugungsapparat zu betrachten sind, so hindert das nicht, dass die Chylusgefässe auch aus den Bestandtheilen des Bluts schöpfen. *Fenwick* hat diess durch Versuche nachgewiesen. Er brachte eine Auflösung von Cyaneisenkalium in die rechte Brusthöhle eines Kaninchens und öffnete 5 Minuten später den Unterleib: die Chylusfässe waren mit einer hellen Flüssigkeit erfüllt, worin Eisenchlorid einen blauen Niederschlag bewirkte.

Dieser Antheil des Blutes und besonders die Verschiedenartigkeit der von den Nahrungsmitteln kommenden Substanzen ist Schuld daran, dass der Chylus unter verschiedenen Umständen und bei verschiedenen Thieren so grosse Verschiedenheit zeigt: es kommt dabei nach *Leuret* und *Lassaigne* weniger auf die Thierart an, als vielmehr auf die benutzte Nahrung.

Durchs Kochen gerinnt der Chylus nicht so vollkommen als Blut: dies rührt von seinem verhältnissmässig grossen Alkaligehalte her. Die spontane Gerinnung ist auch eine weniger vollkommene, und nach erfolgter Trennung löst sich der Chyluskuchen manchmal wieder im Chylusserum auf. Wir sahen, dass nach vollkommener Gerinnung eines Hundechylus die Trennung in Placenta und Serum erst innerhalb zwei Tagen zu Stande kam. Von einem samenartigen Geruche, den die meisten Autoren wahrgenommen haben wollen oder doch von einander abgeschrieben haben, konnten wir eben so wenig etwas wahrnehmen als *Gerlach* (Handb. d. Gewebslehre S. 20).

Was frühere Autoren über die Formbestandtheile des Chylus wahrgenommen haben, das findet man bei *Nasse* (Art. Chylus und Lymphe in *Wagner's* Handwörterbuch) ausführlich aufgezeichnet. Unter den neuern Untersuchungen verdienen besonders jene von *H. Müller* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 3. S. 204) unter *Henle's* Anleitung, jene von *Fahrner* (*De globulorum sanguinis origine. Turici* 1845) unter *Kölliker's* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 4. S. 142) Leitung unternommenen, ferner jene von *Wharton Jones* (*Philos. Transact.* 1846. *T. II. p.* 82) und von *Heyfelder* (Bau d. Lymphdrüsen. Breslau u. Bonn 1851) Beachtung.

H. Müller beobachtete, dass in der hellen Flüssigkeit durch Essigsäure Fettkügelchen zum Vorschein kommen, woraus er auf die Anwesenheit verseiften Fettes schloss. Dass die zuerst sichtbaren Elementarkörnchen nicht blos aus Fett, sondern zugleich auch aus einer proteinhaltigen Hülle bestehen, das erschloss er besonders aus dem Umstande, weil sie durch Essigsäure, welche auf eine solche Hülle auflösend einwirken kann, zu grösseren Tropfen zusam-

menfliessen. Es tritt dies aber auch, zumal bei etwas eingetrocknetem Chylus, durch Zusatz von Wasser ein, und daraus erklärt es sich, dass von Manchen grössere Fettkugeln beobachtet worden sind, die ursprünglich nur selten und vielleicht bei Mangel an Eiweiss vorkommen. Der zusammengesetzteren Formen, welche von *Müller* und von *Fahrner* beschrieben wurden, ist schon oben gedacht worden. Wir wollen hier nur noch hinzufügen, dass *Kölliker* auf eine Vermehrung durch Spaltung oder endogene Bildung geschlossen hat, namentlich in den *Vasa efferentia*, und dass er, wenn wir ihn recht verstehen, diese auch noch unterm Mikroskop will haben zu Stande kommen sehen. Jetzt (Handb. d. Gewebelehre. S. 566) sagt er ausdrücklich, die Zellen spalteten sich hier durch eine ringförmige Einschnürung, nachdem der Kern sich getheilt hatte: das wäre also Theilung und keine endogene Bildung. Schon im *Ductus thoracicus* soll dieser Theilungsprocess aufhören. Endlich hat *Kölliker* (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. 7. S. 182) auch die Anfänge der Lymphgefässe auf das Vorkommen von Lymphkörperchen untersucht. Er fand dergleichen in den Lymphgefässen der dicken wie der dünnen Gedärme, die aus Peyerschen Drüsen und aus *Glandulae solitariae* stammen konnten. In den Lymphgefässen der Leber fehlten sie durchaus. Wenn er sie dagegen in den starken Lymphgefässen des Samenstranges von Stieren dicht am Nebenhoden in mehreren Fällen antraf, so fragt es sich, ob hier vielleicht auch *Follikel* verborgen liegen, die wahrscheinlich noch an Stellen vorkommen, wo man sie bis jetzt noch nicht gefunden hat.

Die Bildung von Chyluskörperchen im Chylus selbst erscheint uns noch immer zweifelhaft. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Chylus sich fortbewegt, werden wir weiterhin als eine nicht unbedeutende kennen lernen, und wäre die kurze Zeit, während welcher eine Chylusportion durch ein Lymphgefäss hindurchgeht, zur Bildung von Chyluskörperchen ausreichend, dann würde man wahrscheinlich auch unterm Mikroskope in dem ausfliessenden Chylus diese Bildung wahrnehmen können. Zusammengenommen mit dem im vorigen Paragraphen Mitgetheilten finden wir es wahrscheinlich, dass die Chyluskörperchen, wenn nicht ausschliesslich, so doch wenigstens hauptsächlich in den Lymphdrüsen und in den Follikeln des Darmes und anderer Organe sich bilden. *Brücke* hat sich ganz bestimmt in diesem Sinne ausgesprochen.

Viele Beobachter erwähnen eine zunehmende Röthung des Chylus durch Einwirkung der atmosphärischen Luft. Man hat dies von einer Entwickelung rothen Farbstoffs ableiten wollen und selbst von einer Umwandelung der Chyluskörperchen in Blutkörperchen. Die genauesten Forscher (*J. Müller*, *Nasse*) beobachteten indessen keine zunehmende Röthung, sondern nur ein Aufhellen der Farbe; wir haben jene stärkere Röthung ebenfalls niemals beobachtet. Das Entstehen eines rothen Farbstoffs im Chylus muss also wenigstens als etwas Zweifelhaftes gelten. Berücksichtigt man ferner, dass mit der rothen Färbung immer das Vorhandensein vollkommen entwickelter gefärbter Blutkörperchen zusammentrifft, ohne dass sich Uebergangsformen zeigen, so wird man gewiss keinen Grund zu der Annahme finden, dass sich im Chylus selbst Blutkörperchen bildeten. Der Uebergang von Blutkörperchen aus dem Blutgefässsysteme in den Chylus unterliegt keinem Zweifel (*Herbst*, das Lymphgefässsystem und seine Verrichtung. Götting. 1844), mögen nun normale oder blos zufällige Verbindungen zwischen den Blut- und Lymphgefässen vorhanden sein. (Vgl. *J. Müller's* Physiologie. Bd. I. S. 256.)

§ 124. Chemische Zusammensetzung des Chylus.

Genaue chemische Untersuchungen haben wir blos vom Chylus aus dem *Ductus thoracicus*, also von einem durch den Einfluss der Mesenterialdrüsen modificirten und mit Lymphe gemengten Chylus. Es darf uns deshalb nicht wundern, wenn die

gefundenen Resultate sehr von einander abweichen. Am meisten wurde der Pferdechylus analysirt, dann jener von Hunden, Katzen, Eseln, Schafen, endlich auch der Chylus des Menschen (*Owen Rees*). Im Allgemeinen lassen aber die Analysen noch viel zu wünschen übrig.

Der Pferdechylus lieferte 4 bis 9 pCt., der Katzenchylus 9,43 pCt. feste Bestandtheile. *Moleschott* berechnete aus allen Analysen von verschiedenen Thieren ein Mittel von 7,14 pCt; das Minimum von 2,6 pCt. (*Tiedemann* und *Gmelin*) fand sich beim Schafe, das Maximum von 10,8 pCt. (*Prout*) beim Hunde.

Die Lymphkörperchen sollten nach *Nasse* 0,4 pCt. betragen. Unter den aufgelösten Stoffen steht das Eiweiss (ungefähr 3,1 pCt.) oben an; es kommt in der Chylusflüssigkeit gelöst meistens als Natronalbuminat vor. Aus dem ausgewaschenen Eiweisse erhielt *Lehmann* 2,07 pCt. Asche, die reich war an kohlensauern Alkalien. Wegen des Alkaligehalts coagulirt das Eiweiss weniger vollkommen. Sicherlich stammt es nur zum Theil von den Bestandtheilen der Nahrungsmittel, da bereits in den Zotten, weiterhin in den Mesenterialdrüsen und endlich auch mit der Lymphe Eiweiss zugeführt wird. Ob noch Peptone darin vorkommen, das ist nicht ausgemacht. Man hat keinen Grund, Käsestoff darin anzunehmen. — Ein zweiter Hauptbestandtheil ist Faserstoff (nach *Nasse* beim Pferde 0,75 pCt., im Mittel der Analysen verschiedener Thiere 0,314 pCt.), wovon die Gerinnung und die nachfolgende Scheidung in Placenta und Serum abhängt. Der verhältnissmässig grosse Salzgehalt, namentlich an alkalischen Salzen, ist Schuld daran, dass die Gerinnung und nachfolgende Scheidung nicht so vollkommen vor sich geht. *Lehmann* fand 1,77 pCt. stark alkalische Asche im Faserstoffe. Vor dem Durchtritte durch die Mesenterialdrüsen ist der Faserstoffgehalt unbedeutend, ja er kann gänzlich fehlen. Es bildet sich also der Faserstoff aus den Bestandtheilen des Chylus, oder er wird in den Mesenterialdrüsen aus der Drüsenflüssigkeit aufgenommen, und durch die faserstoffreiche Lymphe nimmt der Gehalt im *Ductus thoracicus* noch zu. — Der Chylus enthält ferner Fett. Gerade durch seinen grossen Fettgehalt unterscheidet sich der Chylus von der Lymphe (1,5 pCt. beim Pferde, 3,27 pCt. bei der Katze). Das Fett ist fast nur neutral in den kleinen Chylusgefässen, mehr verseift im *Ductus thoracicus;* nicht selten erscheint es zum Theil krystallinisch. Durch die Verseifung wird dem Eiweiss ein Theil des Alkali entzogen, und es steigert sich die

Gerinnbarkeit des Eiweisses. Bei fetthaltiger Nahrung tritt das Fett mehr hervor, und so ist wohl nicht daran zu zweifeln, dass es von den Nahrungsmitteln kommt (s. § 120). — Ferner hat man nach Genuss stärkemehlhaltiger Nahrung Spuren von Zucker und von milchsauern Alkalien im Chylus gefunden, die sicherlich nur einen kleinen Antheil der 0,625 pCt. Extractivstoffe ausmachen, die noch näher zu untersuchen sind.

Unter den anorganischen Substanzen überwiegen die alkalischen Salze (im Pferdechylus fand *Nasse* 0,7 pCt.) über die erdigen (0,1 pCt.); von Eisen kommen nur Spuren vor. Unter den erstern steht Chlornatrium oben an, dann kommen die kohlensauern und phosphorsauern Alkalien und Chlorkalium; schwefelsaure Salze hat man nur in der Asche gefunden. Unter den erdigen Salzen kommt vorzüglich phosphorsaurer Kalk vor. Es ist nicht zu entscheiden, in wie fern diese Salze aus den Bestandtheilen der Nahrungsmittel stammen.

Die chemische Zusammensetzung des Chylus ist in den letzten Jahren wenig untersucht worden. Fast alles, was die Wissenschaft besitzt, wurde von *Nasse* in den Artikeln *Chylus* und *Lymphe* in *Wagner's* Handwörterbuche mit grosser Genauigkeit zusammengestellt. Aus dem oben Mitgetheilten erhellt genugsam, dass Blut und Chylus, abgesehen von den Formbestandtheilen, in vielfacher Beziehung mit einander übereinstimmen. Die Verschiedenheit besteht hauptsächlich darin, dass der Chylus weniger reich an festen Bestandtheilen ist, und dass in ihm die Fette absolut, die Salze aber verhältnissmässig mehr überwiegen, als im Blute (*Nasse* im Artikel *Chylus* S. 234). Zur bessern Uebersicht lassen wir hier die Analysen des Blutes und des Chylus vom Pferde und von der Katze folgen. Vom Pferde wird das Mittel aus vielen Analysen angegeben, der Katzenchylus dagegen wurde nur Einmal von *Nasse* analysirt. Es braucht übrigens kaum bemerkt zu werden, dass diese Analysen dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nicht entsprechen. Es enthielten aber 1000 Theile:

	Pferd.		Katze.	
	Blut.	Chylus.	Blut.	Chylus.
Körperchen	92,80	4,00	115,90	—
Faserstoff	2,80	0,75	2,40	1,3
Eiweiss	80,00	31,00 }	61,00	48,9
Extractivstoffe . . .	5,20	6,25 }		
Fett	1,55	15,00	2,70	32,7
Chlornatrium . . .	—	—	5,37	7,1
Alkalische Salze . .	6,70	7,00	1,63	2,3
Erdige Salze . . .	0,25	1,00	0,49	2,0
Eisenoxyd	0,70	Spuren	0,51	Spuren
Wasser	810,00	935,00	810,00	905,7

Beim Chylus der Katze hat *Nasse* die Chyluskörperchen nebst dem Eiweiss und den Extractivstoffen zusammen bestimmt.

Eine einzige und noch dazu unvollkommene Analyse des menschlichen Chylus besitzen wir von *Owen Rees* (*Phil. Transact.* 1842. *p.* 82). Aus dem *Ductus thoracicus* eines hingerichteten Missethäters erhielt er 1¼ Stunde nach dem Tode etwa 6 Drachmen Chylus, und in 100 Theilen desselben fanden sich:

Wasser	90, 48
Eiweiss mit Spuren von Faserstoff	7, 08
Wässriges Extract	0, 56
Weingeistiges Extract	0, 52
Fett	0, 92
Salze	0, 44
	100, 00

Die Qualität der Nahrung influirt weniger auf die Zusammensetzung des Chylus, als man *a priori* erwarten sollte. Selbst bei gänzlicher Enthaltung von Nahrung (s. *Emmert* in *Reil's* Archiv f. Phys. Bd. 8. S. 147. *Tiedemann* u. *Gmelin*, die Verdauung nach Versuchen. Heidelb. 1826) unterscheidet sich der Inhalt des *Ductus thoracicus* nur hauptsächlich durch den Mangel an Fett, so dass die Zusammensetzung ziemlich mit jener der gewöhnlichen Lymphe übereinstimmt (s. Allg. Phys.). Durch die Untersuchung des nach verschiedenartiger Nahrung gesammelten Chylus hat sich nur soviel herausgestellt, dass derselbe nach fetthaltiger Nahrung reicher an Fett und stärker weiss gefärbt ist, und dass er nach animalischer Kost wahrscheinlich mehr feste Bestandtheile besitzt (*Nasse* im Art. Chylus S. 236). Von dem ersten Punkte haben wir uns selbst überzeugt. Diese Uebereinstimmung in der Beschaffenheit des Chylus bei Enthaltsamkeit sowohl als beim Genusse verschiedenartiger Nahrung macht es noch wahrscheinlicher, dass viele Bestandtheile desselben aus dem Blute kommen. Wahrscheinlich nehmen die Chylusgefässe, abgerechnet das aus dem Darmrohre Absorbirte, ungefähr die nämlichen Substanzen auf als die Lymphgefässe im Allgemeinen, wie wir sie also in der Lymphe antreffen.

§ 125. Aufsaugung durch Blut- und Lymphgefässe.

Bevor *Caspar Aselli* im J. 1622 die Lymphgefässe entdeckte, schrieb man die Aufsaugung nur allein den Blutgefässen zu. Jetzt traten die Lymphgefässe an der letztern Stelle, in denen man den Uebergang der Substanzen aus dem Darmrohre auf directe Weise wahrnahm. Gegenwärtig steht es fest, dass die zur Ernährungsflüssigkeit durchgedrungenen Substanzen durch die Lymphgefässe sowohl als durch die Blutgefässe aufgenommen werden können. Schon das Fehlen der Lymphgefässe bei den niedern Thieren und in verschiedenen Geweben, wo dennoch Aufsaugung stattfindet, kann zum Beweise dienen, dass auch durch die Blutgefässe aufgesaugt werden kann. Dies ist aber auch noch durch mehrfache Versuche dargethan, unter denen jene von *Magendie* oben an stehen.

Längere Zeit hielt man dafür, manche Substanzen würden nur durch die Blutgefässe absorbirt, andere ganz allein durch die Lymphgefässe. *A priori* muss man die Möglichkeit zugeben, dass in den Wandungen der Gefässe ein Grund zu solchem verschiedenen Verhalten liegen könne. Es fehlt aber an ausreichenden Thatsachen, die zu einem solchen Schlusse mit Nothwendigkeit führten. Zuvörderst ist es jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen, dass narkotische Substanzen, die man früher durch die Lymphgefässe nicht

aufgesaugt werden liess, auch durch diese aufgenommen werden können: die Vergiftungserscheinungen treten nur später ein, wenn die Arterien des Theils, wo die Aufsaugung stattfindet, unterbunden wurden, und die lange Dauer der Behinderung des Blutumlaufs, welcher die Bewegung und vielleicht auch die Absonderung der Lymphe befördert, kann dazu mit beitragen. — Ferner findet man im Chylus alle Hauptbestandtheile der Nahrung wieder, und es scheint keine Substanz zu geben, die, wenn sie längere Zeit in grosser Menge eingeführt wird, nur im Blute und nicht auch zugleich im Chylus angetroffen würde. Fette und Eiweisskörper finden sich in grösster Menge im Chylus; doch beobachtet man im Blute der Pfortader während der Verdauung ebenfalls einen grössern Fettgehalt, und oben haben wir es schon wahrscheinlich gemacht, dass Eiweisskörper durch die Blutgefässe des Magens absorbirt werden. Vom Zucker findet man höchstens Spuren im Pfortaderblute sowohl als im Chylus, was von einer weiteren Zersetzung des Zuckers im Darmkanale herrühren kann. Salze fehlen nicht im Chylus, namentlich ist der Uebergang des Cyaneisenkaliums und des Eisenvitriols in den Chylus nachgewiesen. Farbstoffe werden oftmals im Harne ausgeschieden, bevor sie sich noch im Chylus nachweisen lassen, und müssen also ins Blut aufgenommen worden sein, bei länger dauernder Zufuhr indessen werden sie doch auch im Chylus angetroffen.

Wir haben also keine Gründe zu der Annahme, dass die eine oder die andere Substanz entweder von den Blutgefässen oder von den Lymphgefässen ganz ausgeschlossen wird. Wenn von manchen Substanzen verhältnissmässig sehr wenig in die Chylusgefässe übergeht, so kann dies davon herrühren, dass dieselben sehr leicht von den Blutgefässen aufgenommen werden. Wenn die Substanzen in die Nutritionsflüssigkeit der Darmzotten eingedrungen sind, so umspülen sie ein reiches Capillarnetz, bevor sie das centrale Lymphgefäss erreichen, und was nur ganz langsam durchdringt, das kann also schon vorher zum grössern Theile durch die Capillaren eingedrungen sein, bevor es bis zum Lymphgefässe gelangt. *A priori* darf angenommen werden, dass Eiweisskörper schwerer ins Blut übertreten, weil dieses reichlich damit gesättigt ist, und wenn aus dem Darme kein Eiweiss aufgesaugt wird, so werden selbst Eiweisssubstanzen aus dem Blute abgeschieden werden. Wenn jedoch die Ernährungsflüssigkeit der Zotten durch Absorption aus dem Darme reichlicher mit Eiweisssubstanzen versorgt wird, als ausser der

Absorptionszeit aus dem Blute in die Ernährungsflüssigkeit übertreten, dann scheint die Bedingung gegeben zu sein, dass umgekehrt von diesen eiweissartigen Substanzen ein Theil ins Blut aufgenommen wird. Dass die Fettaufsaugung durch die Blutgefässe bestimmt nur sehr langsam vor sich geht, mag daraus erschlossen werden, dass Fette schwer durch thierische Häute hindurchtreten, und bewiesen wird es dadurch, dass das Zottenparenchym während der Aufsaugung sehr fetthaltig ist. Diese zwei Substanzen, Eiweiss und Fett, welche schwer in die Blutgefässe übertreten, sind es gerade, welche im Chylus das Uebergewicht haben. Umgekehrt werden jene Substanzen, welche leicht aufgesaugt werden, im Chylus weniger auftreten, weil sie schon durchs Blut aufgenommen werden. Vielleicht wird der Uebergang von Eiweiss und Fett durch die ausserordentliche Zartheit der Lymphgefässwände unterstützt.

Es ergiebt sich aus dieser Betrachtung, dass man die Chylusmenge nicht mit Genauigkeit aus dem Fett- oder Eiweissgehalte des Chylus, verbunden mit der Menge von Eiweiss und Fett, die in 24 Stunden absorbirt werden, zu berechnen im Stande ist. Eiweiss kann durch die Blutgefässe aufgenommen oder abgeschieden werden, und Aufnahme von Fett kann auch durch die Blutgefässe erfolgen.

Eine gewichtige Entdeckung verführt zunächst zur Einseitigkeit. Nach der Entdeckung des Lymphgefässsystems schrieb man die Aufsaugung ausschliesslich diesen Gefässen zu, die man als *vasa absorbentia* bezeichnete. *Magendie* hat sich das Verdienst erworben, die Bedeutung der Venen für die Absorption, wenn auch mit einigen Uebertreibungen, wiederum ins Licht gestellt zu haben. Gifte, welche einfach auf eine entblösste Vene kommen, rufen nach kurzer Zeit Vergiftungserscheinungen hervor, sie sind also durch die Venenwand eingedrungen. Wenn alle Lymphgefässe eines Theils durchschnitten wurden, so tritt die Vergiftung mittelst Aufsaugung unterhalb der Durchschnittsstelle noch gleich schnell ein. Man kann bei einem Frosche den ganzen Schenkel durchschneiden, mit Ausnahme des arteriellen und des venösen Hauptstammes und es werden doch Vergiftungserscheinungen auftreten, wenn man das Gift auf den Fuss einwirken lässt. (Vgl. die Allg. Phys. [Venen und Capillaren] und *Joh. Müller's* Phys. Bd. 1. S. 225.) — Von grösserer Wichtigkeit als die Venen sind gewiss die Capillaren, deren gesammte Oberfläche viel grösser ist und die viel dünnere Wände besitzen. Da der Blutdruck in jenen Capillaren, welche sich in der Nähe der Venen befinden, geringer sein muss, als in jenen in der Nähe der Arterien, so darf man auch in den ersteren mit Recht eine raschere Absorption erwarten.

Wenn die Substanzen die Wandungen der Lymphgefässe auch gleich leicht durchdringen als jene der Venen, so werden gleichwohl die Vergiftungserscheinungen später hervortreten, weil die Lymphe langsamer sich fortbewegt. Deshalb hat man oftmals an der Aufsaugung durch diese Gefässe gezweifelt. Von der Aufsaugung des Eisencyankaliums durch die Lymphgefässe überzeugte sich *Schröder van der Kolk* (*J. Koker, Diss. de subtiliori membr. seros. fabrica. p.* 61). Er führte jenes Salz in eine Darmschlinge ein und beobachtete die langsam fortschreitende blaue Färbung der Chylusgefässe, als ein Eisensalz auf diese Gefässe gebracht wurde Nach Unterbindung der *Aorta* unterhalb der Nieren-

arterien sah *Emmert* dieses Salz, welches er in eine Wunde am Fusse eingebracht hatte, in den Harn übergehn; wenn also kein collateraler Kreislauf sich hergestellt hatte, so musste das Gift durch die Lymphgefässe des Fusses ins Blut gelangt sein. Auffallender Weise zeigten sich keine Vergiftungserscheinungen, als ein Decoct von *Angustura virosa* in der nämlichen Weise angewendet wurde. Dadurch neigte man sich zu der Ansicht, dass narkotische Substanzen wenigstens von den Lymphgefässen nicht aufgesaugt werden. Da eine solche Aussschliessung, wofür ein bestimmter Grund sich nicht nachweisen liess, *Henle* nicht zu befriedigen vermochte, so fand es dieser (Allgem. Anat. S. 560) wahrscheinlicher, dass eine Lähmung der Gefässwandungen durch die eingedrungene narkotische Substanz die Fortbewegung der Lymphe und damit auch das Auftreten von Vergiftungserscheinungen hindere. Durch die Versuche, welche *Behr* (Zeitschrift für ration. Med. Bd. 1. S. 35) unter *Henle's* Leitung anstellte, schien diese Vermuthung eine Bestätigung zu erhalten. *Behr* unterband die *Aorta* unterhalb der Nierenarterien, und brachte dann gleichzeitig essigsaures Strychnin und Eisencyankalium in die nämliche Wunde. War *Henle's* Vermuthung richtig, so musste jetzt auch die Fortbewegung des letztgenannten Salzes durch die gelähmten Lymphgefässe ausbleiben und keine der beiden Substanzen durfte in den Kreislauf kommen. Die Versuche lieferten auch wirklich dieses Resultat. Eine Reihe von Versuchen, welche *Bischoff* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 4. S. 55) anstellte, schien diese Resultate zu widerlegen. Da aber *Bischoff* die Substanzen in eine Wunde des Schenkels eingeführt hatte, so glaubte *Henle* die nachfolgenden Vergiftungserscheinungen durch den collateralen Kreislauf erklären zu können, und seine Hypothese wurde auch durch eine neue Reihe von Versuchen gestützt, welche *Dusch* (Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 4. S. 368) anstellte. Gegenüber den Versuchen von *Fränkel* (*De resorptione vasorum lymphat. Berol.* 1847) und besonders von *Zechler* (Ueber die angebliche Nichtaufnahme der narkot. Gifte durch die Lymphgefässe. Rostock 1848), der, wenn er Cyaneisenkalium und essigs. Strychnin in die nämliche Wunde brachte, das genannte Salz mehrmals in der Lymphe der Lymphgefässe antraf, endlich gegenüber den Versuchen von *Stannius* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 11. S. 23), der die Substanzen in die Wunde brachte, nachdem in Folge der Aortaunterbindung bereits Leichensteifheit eingetreten war, und dessen ungeachtet das Salz in der Lymphe antraf und nach einiger Zeit Vergiftungserscheinungen sich entwickeln sah, vermag sich jedoch diese Hypothese nicht zu halten. Die Nichtaufnahme der *Narcotica* durch die Lymphgefässe bedarf also keiner Erklärung, da sie nicht thatsächlich ist. Wir müssen dabei davor warnen, das lange Ausbleiben der Vergiftungserscheinungen nach Unterbindung der Schlagadern als Maassstab der Absorptionsgeschwindigkeit und der Lymphbewegung zu betrachten. Der Blutumlauf ist nämlich bei diesen letzten Versuchen aufgehoben, und damit ist nicht allein die Quelle der Lymphe verstopft, es erfährt auch der Druck der Ernährungsflüssigkeit dadurch eine Abnahme, eben so der Wechsel dieses Drucks durch den Puls der Arterien, der ohne Zweifel auf die Fortbewegung nicht ohne Einfluss ist, endlich auch die Nerventhätigkeit, die nach der Analogie der Drüsen wohl nicht ohne besondern Einfluss auf das Fortschreiten der Lymphe sein kann. Deshalb ist die Fortbewegung nach Unterbindung der Aorta ohne Zweifel sehr träge und wir dürfen uns nicht darüber wundern, wenn *Behr* und *Dusch* negative Resultate erhielten.

So wenig als die *Narcotica* sind auch andere Substanzen ganz von den Lymphgefässen ausgeschlossen. *Tiedemann* und *Gmelin* (Versuche über die Wege, auf welchen Substanzen aus d. Magen u. Darmkanal ins Blut gelangen. Heidelb. 1820) sahen Farbstoffe und Salze nur selten übertreten; indessen hat *Schröder van der Kolk* (s. oben) den Uebergang von Salzen nachgewiesen, und den Uebergang von Farbstoffen in den Chylus hat man zuweilen nach einem lange fortgesetzten Gebrauche beobachtet (*Joh. Müller's* Phys. Bd. 1. S. 228). — *Lehmann* (Phys. Chemie Bd. 3. S. 300—314) fand sowohl im Pfortaderblute als im Chylus von Pferden gar keinen Zucker oder doch nur Spuren von Zucker, was für eine fernere Umwandlung im Darmkanale spricht; wenn aber auch dsa

Fett hauptsächlich von den Chylusgefässen aufgenommen wird, so kommt doch nach den Untersuchungen *Lehmann's* (Ebend. Bd. 2. S. 249) und Anderer auch im Pfortaderblute mehr Fett vor, als in den übrigen Venen.

Die oben stehende Erklärung des Ueberwiegens dieser oder jener Substanzen im Blute oder im Chylus erscheint uns ganz befriedigend, so dass wir keinen Grund haben, den Blut- oder Lymphgefässen ein specifisches absorbirendes oder ausschliessendes Vermögen für diese oder jene Substanzen zuzuschreiben. Am allerwenigsten haben die Versuche von *Bernard* (*Archives génér. T.* 25. 1851. *p.* 118) uns davon überzeugen können, dass eiweiss- und zuckerhaltige Substanzen nur durch die Blutgefässe, Fette lediglich durch die Chylusgefässe aufgenommen werden. Wenn Rohrzucker und Eiweiss, welche in eine Vene (mit Ausnahme der *Vena portarum*) eingespritzt werden, alsbald durch den Urin wieder austreten, so brauchen wir nur daran zu erinnern, dass der erstere in Traubenzucker, das letztere in Pepton sich verändert, bevor die Aufsaugung erfolgt, und dass sie als solche wohl nicht den Umweg durch die Leber zu nehmen brauchen, um gegen eine rasche Entleerung durch die Nieren geschützt zu werden.

Von der Idee ausgehend, dass alle stickstoffhaltigen Nahrungsmittel von den Chylusgefässen aufgenommen werden, berechnet *Vierordt* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 7. S. 281. 1848) aus dem Gehalte der Nahrungsmittel und des Chylus an Stickstoffsubstanzen die Flüssigkeitsmenge, welche täglich von den Lymphgefässen aufgenommen wird. Sind 100 Gramme stickstoffhaltige Substanzen in der Nahrung enthalten und nur 4 pCt. im Chylus, dann sollen täglich $2\frac{1}{2}$ Kilogramme Chylus aufgenommen werden. Nach dem, was wir über die Aufsaugung der stickstoffhaltigen Substanzen mitgetheilt haben, können wir auf diese Berechnung keinen Werth legen. Mit etwas besserem Rechte wird man von der Menge des absorbirten Fettes und vom Fettgehalte des Chylus ausgehen können. Aber auch hiergegen lässt sich noch soviel einwenden, dass *Lehmann* (a. a. O. Bd. 2. S. 283) seine auf diesem Wege erhaltenen Zahlen selbst verwirft. Auch wird man durch Analysirung des Chylus aus dem *Ductus thoracicus* viel eher die Summe des Chylus und der Lymphe erhalten. Wir werden sehen, dass die directen Bestimmungen dieser Gesammtmenge nicht viel mehr Werth haben.

§ 126. Bewegung des Chylus.

Sehr langsam und unter einem unbedeutenden Seitendrucke fliessen Lymphe und Chylus aus den kleinen Gefässen nach den Stämmen, die sich, mit Ausnahme einzelner Lymphgefässe, in den *Ductus thoracicus* öffnen. Der Brustgang entleert dann seinen Inhalt in die linke Schlüsselbeinvene. Auf diese Bewegung finden ohne Zweifel die nämlichen Gesetze Anwendung, die wir beim Blutumlaufe haben kennen gelernt. Der Druck muss in den kleinsten Gefässen am grössten sein und nach den Stämmen zu allmählig abnehmen; er ist ungefähr dem Widerstande gleich, welcher noch überwunden werden muss.

Unsere thatsächliche Kenntniss über diesen Punkt ist sehr gering. Nur am Halslymphstamme von Hunden und von einer Katze, und zwar in dessen Mitte, ist der Seitendruck durch *Ludwig* und *Noll* bestimmt worden: er entsprach nur 8—10 Millimeter einer Lösung von kohlensaurem Natron. Diesem geringen Drucke ent-

spricht eine langsame Fortbewegung und eine verhältnissmässig geringe Ausdehnung der dünnen und dehnbaren Wandungen.

Unterbindet man ein Lymphgefäss oder während der Aufsaugung ein Chylusgefäss, so wird dessen Inhalt am centralen Ende ausgetrieben, während sich das peripherische Stück des Gefässes viel stärker füllt: ja nach Unterbindung des Brustganges können selbst Chylusgefässe bersten. Das Austreten des Inhalts beweist, dass die Flüssigkeit einen Seitendruck ausübte, welcher das Gefäss ausdehnte, und dass nach dem Aufhören dieses Drucks das Gefäss durch seine Elasticität und seinen Tonus das Lumen fast ganz verlieren kann. Das Anschwellen des Gefässes an der peripherischen Seite weist auf eine *vis a tergo* hin, wodurch der Inhalt fortgetrieben wird. *Ludwig* und *Noll* fanden daher auch, dass der Seitendruck allmählig zunahm, wenn das Lymphgefäss unterhalb der Stelle, wo das Manometer sich befand, unterbunden wurde, und dass er wieder abnahm, sobald die Ligatur weggenommen wurde. Das Maximum, welches hierbei entsteht, lässt sich aus ihren Versuchen nicht ermitteln.

Der Ursprung der *vis a tergo* ist nicht klar. Sie lässt sich nicht aus dem Drucke erklären, unter welchem die Ernährungsflüssigkeit steht, denn die Wandungen der Lymphgefässe haben durch die enthaltene Flüssigkeit eine gewisse Spannung, die durch Druck oder Unterbindung noch zunimmt; demnach ist der seitliche Druck in den Lymphgefässen grösser als jener Druck, unter welchem die Ernährungsflüssigkeit steht. Hieraus folgt, dass die Lymphe mit einer gewissen Kraft zumal in die feinsten Aeste der Lymphgefässe transsudirt, die gleichartig sein kann mit jener Kraft, wodurch das Secretum in die Ausführungskanäle der Drüsen gelangt (s. § 70). — Bei der Bewegung des Chylus kommt wahrscheinlich auch noch die Contraction der Zotten in Betracht (s. § 120). Die Contraction der Darmhäute kann noch zur Fortbewegung nach den grössern Stämmen hin beitragen. Zu erwähnen sind auch die Zusammenziehungen, welche *Heyfelder* und *Brücke* in den Lymphdrüsen beobachtet haben.

Im Allgemeinen kann die Lymphbewegung mit der Bewegung des venösen Blutes parallelisirt werden. Auch hier strömt die Flüssigkeit unter dem Einflusse einer *vis a tergo*, unter einem geringeren Seitendrucke und (bei abnehmender Geräumigkeit des Strombettes) unter zunehmender Geschwindigkeit von den Aesten nach den Stämmen. Die Bewegung der Lymphe wird ferner durch

die nämlichen Momente unterstützt, wie die Blutbewegung in den Venen (s. § 53). Die wichtigsten sind der Druck durch Muskelbewegung, ferner dann die zahlreichen Klappen, die Aspiration oder der negative Druck im Brustkasten, welcher durch den Mechanismus des Athemholens dem Wechsel unterliegt. Der Einfluss des Druckes machte sich bei den Versuchen von *Ludwig* und *Noll* ganz deutlich geltend. Durch Muskelbewegung sowohl als durch künstlichen Druck hob sich die Flüssigkeit im Manometer in erheblichem Maasse. Die kleinen Schwankungen im Drucke der Ernährungsflüssigkeit, welche durch die Pulswellen der Arterien zu Stande kommen müssen, sind gewiss auch nicht ohne allen Einfluss, obwohl sich ein solcher bei den Versuchen gerade nicht herausgestellt hat. Vom Einflusse des Athemholens gilt ungefähr das Nämliche, was davon für die Venencirculation angeführt worden ist (s. § 54). An der Einmündung des Brustganges in die *Vena subclavia* befindet sich eine Klappe, wodurch der Uebertritt von Blut in den erstern gehindert wird. Es wird sich diese Klappe nur dann öffnen, wenn die Flüssigkeit des Brustganges einen stärkern Druck ausübt, als das Blut in der Unterschlüsselbeinvene, und dazu kann es sehr leicht kommen, weil der Blutdruck in dieser manchmal selbst negativ wird. Deshalb wird der Inhalt des Brustganges, welcher durch die *Vis a tergo* unter einem bestimmten Seitendrucke steht, leicht in die Vene abfliessen.

Wie viel Flüssigkeit aus dem *Ductus thoracicus* ins Blut übertritt, das lässt sich noch nicht genau bestimmen. *Bidder* berechnet diese Menge nach seinen Versuchen zu $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ des Körpergewichts binnen 24 Stunden. Bei Katzen soll sie der gesammten Blutmenge, bei Hunden etwa $\frac{2}{3}$ der Blutmenge gleich kommen.

Ludwig und *Noll* (Zeitschrift f. rat. Med. Bd. 9. S. 52) vermuthen, die Lymphe bewege sich unter dem nämlichen Drucke, worunter die Ernährungsflüssigkeit steht. Diese Annahme halten wir aber für unbegründet. Es ist unschwer einzusehen, dass der Seitendruck, welchen die Lymphe auf die Innenfläche der Lymphgefässe ausübt, grösser ist, als jener Druck, unter welchem die Ernährungsflüssigkeit steht. Wäre dies nicht der Fall, so müssten die Lymphgefässe comprimirt werden und es könnte gar keine Flüssigkeit in diesen Gefässen sein. Nach hydraulischen Gesetzen nimmt der Seitendruck nach der Ausflussöffnung hin (hier die Oeffnung in die *Subclavia*) ab, zumal wenn die Strömungsgeschwindigkeit nach der Ausflussöffnung zu wächst. Mithin ist der Druck in den feinsten Lymphgefässen gewiss ein grösserer, als *Ludwig* und *Noll* für den Lymphstamm am Halse gefunden haben. Wenn aber auch in den grössern Stämmen kein grösserer Druck bestände, als in der umgebenden Ernährungsflüssigkeit, so müssten dieselben gleichwohl zusammengedrückt werden. Der Druck der Ernährungsflüssigkeit ist gerade um soviel, als die Wandungen der Lymphgefässe tragen, geringer als der Druck der Lymphe. Ganz

gewiss ist also der Druck der Lymphe in den kleinsten Lymphgefässen weit grösser als jener der umgebenden Ernährungsflüssigkeit, woraus dann folgt, dass er nicht vom Drucke der letztern bedingt sein kann. Man weiss durchaus nicht, durch welche Kräfte die Lymphe in die Lymphgefässe übertritt. Ein physikalischer Grund für dieses anhaltende Durchtreten einer ohne Unterbrechung fortgeführten Flüssigkeit darf vielleicht in den galvanischen Strömen gesucht werden, welche verschiedene Flüssigkeiten beim Durchgange durch poröse Wandungen oder Häute in der Richtung vom positiven nach dem negativen Pole mit sich führen. (*Wiedemann* in *Poggendorff's* Annalen 1852. Nr. 11. S. 321.) Bei der Diffusion und der Osmose kommen keine damit übereinstimmenden Erscheinungen vor. Die Kraft, welche sich hier entwickelt, hat ihr Analogon in den absondernden Organen, in denen unter dem Einflusse des Nervensystems (galvanischer Ströme?) Flüssigkeiten mit einer gewissen Kraft bis zur freien Oberfläche gelangen. Dass diese Kraft nicht im Blutdrucke zu suchen ist, wissen wir durch *Ludwig* selbst (§. 70). — Von diesem Gesichtspunkte aus ist demnach das Lymphgefässsystem auch mit einem Netze von fast überall verbreiteten Drüsenkanälchen zu vergleichen, worin eine Flüssigkeit transsudirt, die wiederum ins Blut entleert wird. Die Transsudation ins Lymphgefässsystem wird in gleicher Weise, wie die Drüsenabsonderung, durch reichliche Wasserzufuhr vermehrt.

Diese Betrachtungen führen uns zugleich zu einem nicht unwichtigen anatomischen Resultate. Wir wissen, dass bei den Fischen, deren Lymphgefässe wegen fehlender Klappen durch Injection der Stämme sich füllen lassen, die Lymphgefässe mit geschlossenen Netzen anfangen. Bei warmblütigen Thieren ist ein solcher Ursprung an den meisten Stellen nicht dargethan, und man ist wohl geneigt, offene Enden in den Interstitien des Bindegewebes anzunehmen. Dem aber widerspricht unsere Auffassung. Existirten solche offene Enden, so würde niemals ein höherer Druck vorkommen, als jener der umgebenden Ernährungsflüssigkeit selbst. Nur dann, wenn häutige Wandungen trennen, ist ein ungleicher Druck denkbar. Wir müssen deshalb annehmen, dass auch bei warmblütigen Thieren die Lymphgefässe mit geschlossenen Kanälchen anfangen. In dieses feinste Lymphgefässnetz werden ohne Zweifel die meisten Substanzen transsudiren. Dies hindert indessen nicht, dass auch durch die Wandungen der grössern Gefässe hindurch Substanzen eindringen, namentlich wenn diese Gefässe durch eine Ernährungsflüssigkeit von anderer Beschaffenheit umspült werden. Wir haben daran gedacht, dass in einer solchen Ernährungsflüssigkeit die Bedingung einer *Vis a tergo* nach den Gesetzen der Osmose gegeben sein könne. Da indessen die Lymphgefässe überall im Bindegewebe verlaufen, dessen Ernährungsflüssigkeit wahrscheinlich nur wenig differirt, so glauben wir diese Vorstellung fallen lassen zu müssen.

Brücke glaubt bewiesen zu haben, dass die kleinsten Chylusgefässe unmittelbar mit den interstitiellen Gewebsräumen in Communication stehen, ohne geschlossen zu sein, und analogisch überträgt er diese Ansicht auf alle Lymphgefässe. Gerade bei solchem anatomischen Verhalten will er nun den Uebergang von Lymphe in die offenen Gefässe, und mit *Ludwig* und *Noll* auch deren Fortbewegung aus dem Drucke erklären, unter dem die Ernährungsflüssigkeit transsudirt (a. a. O. S. 22). Unsere Gegengründe sind aus dem Vorstehenden bereits ersichtlich. Um die *Brücke*'sche Ansicht möglich zu finden, müsste an den Mündungen der Lymphgefässe von der Ernährungsflüssigkeit ein Druck ausgeübt werden, der viel grösser wäre, als er sonst wo von aussen auf die Lymphgefässwände ausgeübt wird, und zu einer solchen Annahme giebt es durchaus keinen Grund. Die von *Brücke* (a. a. O. S. 24) wiederholten Versuche *Herbst's* (Das Lymphgefässsystem u. s. w. Göttingen 1844), dass nämlich nach Injection von Blut, Milch oder Gallertlösung die Lymphgefässe sich stark füllen und oftmals Blutkörperchen enthalten, sind gewiss kein Beweis für die offenen Enden der Lymphgefässe, und noch weniger die Beobachtung,

dass bei Injectionen der Blutgefässe die Masse in die Lymphgefässe übergeht. — Beiläufig schrieb *Ludwig* unlängst an *Donders*, die Hypothese über den Einfluss des Nervensystems auf die Fortleitung der Lymphe werde dadurch unterstützt, dass die Abflussmenge durch Unterbindung der Carotiden nicht abnimmt und durch Reizung von Trigeminusästen zunimmt.

Die Spannung der Lymphgefässwandungen durch den Tonus und die Elasticität hat die gleiche Wirkung wie bei den Arterien; sie ist keine Kraftentwickelung, sie reservirt aber die Kraft und befördert somit die gleichmässige Fortbewegung der Lymphe. *Ludwig* und *Noll* bemerkten nichts von Schwankungen, die man etwa rhythmischen Contractionen hätte zuschreiben können.

Mechanischer Druck und Druck durch Muskelwirkung, desgleichen die Thoraxaspiration und der Rhythmus des Athemholens wirken, gleichwie bei den Venen (s. § 53), nur in Verbindung mit den Klappen vortheilhaft, die hier in grosser Anzahl vorhanden sind. (S. Fig. 90.)

Der anhaltende negative Druck in der Brusthöhle veranlasst eine stärkere Füllung des Brustganges. Der Uebergang des Inhalts in die *Vena subclavia* würde erst ausreichend erörtert werden können, wenn die Druckverhältnisse in der Unterschlüsselbeinvene genau bekannt wären.

Eine genauere Bestimmung der Lymphmenge gehört noch zu den *piis desideriis*. Bei den Amphibien ist das Lymphgefässsystem sehr stark entwickelt: *J. Müller* (*Poggendorff's* Annalen 1835. Heft 8) entdeckte bei ihnen rhythmisch sich contrahirende Säckchen, sogenannte Lymphherzen, deren beim Frosche wenigstens zwei Paare vorkommen, ein vorderes kleineres und ein hinteres grösseres. Rechnet man nach *J. Müller* (Handb. d. Phys. Bd. 1. S. 269) den Inhalt jedes Lymphherzens beim Frosche zu 1 Cubiklinie, so würden die vier Lymphherzen in der Minute 60 . 4 = 240 C. Linien Lymphe in die Venen treiben, falls sie sich vollständig entleerten. Sie entleeren indessen bei jeder Contraction nur einen Theil ihres Inhalts. Berechnete man nun hiernach die Lymphmenge, so würde sie ungemein gross ausfallen; man würde aber daraus noch keinen Schluss auf die Lymphmenge bei warmblütigen Thieren ziehen dürfen, deren Lymphgefässsystem weit weniger entwickelt ist. Unter den Versuchen, auch bei den Warmblütigen zu bestimmen, wie viel Lymphe in einer bestimmten Zeit in das Blut tritt, verdienen die späteren von *Bidder* (*Müller's* Archiv 1845. S. 46), wie es scheint, noch weniger Vertrauen, als jene von *Magendie* (*Précis élémentaire de Physiologie* 1825. *T.* 2. *p.* 183) und von *Collard de Martigny* (*Journ. de Phys. T.* 8. *p.* 176). *Magendie* erhielt bei einem lebenden Hunde von mittlerer Grösse, dem er den *Ductus thoracicus* am Halse öffnete, innerhalb 5 Minuten $\frac{1}{2}$ Unze Flüssigkeit; dies würde 12 Pfunde innerhalb 24 Stunden betragen, also etwa $\frac{1}{4}$ des Körpergewichts. Bei einem Kaninchen erhielt *Collard de Martigny* das eine Mal in 10 Minuten 9 Grane, ein anderes Mal in 7 Minuten 5 Grane; demnach würden auf 24 Stunden $2\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{8}$ Unzen kommen, also $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{18}$ des Körpergewichts, wenn dieses zu 3 Pfunden angenommen wird. Diese Kaninchen hatten in 24 Stunden nichts gefressen. Welchen Einfluss aber hierbei das freie Abfliessen der Flüssigkeit auf deren Menge ausüben musste, das lässt sich nicht bestimmen. Bei *Bidder's* Versuchen kann noch eine zweite Irrthumsquelle daraus entsprungen sein, dass die benutzten Hunde und Katzen vorher erwürgt wurden. Er findet auch selbst, dass seine erhaltenen Mengen keinen ganz genauen Maassstab liefern, sucht aber zu beweisen, dass sie gewiss nicht zu gross sind. Schon nach 2 bis 8 Minuten hörte das Ausfliessen auf, weil die Lymphe gerann. In der folgenden Tabelle sind seine Resultate zusammengestellt.

Thiere.	Körpergewicht in med. Pfunden.	Dauer des Ausflusses in Minuten.	Erhaltene Grane von Flüssigkeit.	Berechnete Menge von Granen für 1 Stunde.
Grosser Kater .	11½	2½	15	360
Katze	7	6	45	450
Desgleichen . .	7	4	20	300
Kater.	10¼	1	8	480
Desgleichen . .	etwa 7	5	23	276
Trächtige Katze	9¼	4	65	975
Hund	48	4	150	2250
Desgleichen . .	51½	5	134	1608

Dritter Abschnitt.

Die Absonderungen.

§ 127. Eintheilung.

Eine ganze Abtheilung der Allg. Phys. beschäftigt sich mit den definitiven Producten des Stoffwechsels. Dort wird ihr Ursprung untersucht, ihre Bedeutung festgestellt, ihre Eigenschaften werden beschrieben und die Mengen bestimmt, in denen sie sich bilden und auf verschiedenen Wegen ausgeschieden werden; aber weder die Organe zu ihrer Entfernung noch deren Wirkungsweise kommen dabei in Betrachtung. Unser Ausgangspunkt in der Allg. Phys. ist der Stoff, den wir dort in seinen verschiedenen Phasen, also auch in der letzten Phase müssen kennen lernen. Dort wird es sich herausstellen, dass manche Stoffe im unveränderten Zustande den Körper verlassen, und dass nicht alle ausgeschiedenen Stoffe zu den Endproducten des Stoffwechsels zählen. Dort wird auch, so viel thunlich, von den Ursachen die Rede sein, weshalb die Endproducte des Stoffwechsels ausgeschieden werden.

Auf allen Oberflächen, welche unmittelbar mit der Aussenwelt verkehren, werden Stoffe aus dem Körper ausgeschieden, hauptsächlich durch die Nieren, durch die Lungen und durch die Haut. Durch die physikalischen Eigenschaften der Endproducte des Stoffwechsels wird es schon im Allgemeinen bestimmt, welche von ihnen auf einem der genannten Wege austreten. Die Nieren sondern nämlich eine Flüssigkeit ab, den Harn, hier kann also nur Wasser

und in Wasser Lösliches ausgeschieden werden. Aus den Lungen treten nur Stoffe in Gas- oder Dunstform aus, und nichts kann aus den Lungen entfernt werden, was sich nicht in diesem Aggregationszustande befindet oder denselben anzunehmen vermag. Durch die Haut endlich werden sowohl Flüssigkeiten als gas- und dunstförmige Körper ausgeschieden, und deshalb kann man hier beiderlei Stoffe erwarten.

Auf drei Wegen werden also hauptsächlich die Stoffe aus dem Körper entfernt, durch die Lungen, durch die Haut und durch die Nieren. Von diesen Organen ausgehend handeln wir hier der Reihe nach von der Respiration, von der Hautabsonderung und von der Harnabsonderung.

Wir werden sehen, dass in der Haut und besonders in den Lungen ein Stoffwechsel stattfindet, dass nicht blos Stoffe ausgeschieden, sondern auch Bestandtheile aus der Atmosphäre aufgenommen werden. Die Absonderung und die Aufnahme, da sie durch das nämliche Organ vermittelt werden, müssen hier zusammen betrachtet werden.

A. Respiration.

Vierordt, Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845. Ders. im Art. Respiration in *Wagner's* Handwörterbuche. Bd. 2. S. 828—943, wo auch die Literatur vollständig angegeben ist.

J. Reid, Art. *Respiration* in *Todd's Cyclop.* 1848.

(Ueber den Bau der Respirationswerkzeuge wird in diesen Abhandlungen, gleichwie in den Handbüchern der Physiologie, jenes von *Todd* und *Bowman* ausgenommen, nur beiläufig gehandelt.)

§ 128. Begriff und Eintheilung bei den verschiedenen Thieren.

Das Wesentliche bei der Respiration ist die Aufnahme von Sauerstoff und die Ausscheidung von Kohlensäure. Das thierische Leben, da es auf Stoffwechsel beruht, ist nicht denkbar ohne Respiration. Der Sauerstoff ist eine nothwendige Bedingung dieses Stoffwechsels und die Kohlensäure zählt zu dessen nothwendigen Producten.

Die meisten Thiere besitzen besondere Respirationsorgane; nur einige der niedrigsten Thierklassen entbehren derselben, z. B. die Eingeweidewürmer, deren Organe ohne Weiteres von der sauerstoffhaltigen Flüssigkeit, worin sie leben, durchdrungen werden. Sie zeigen zwar eine grosse Verschiedenheit ihres Vorkommens, lassen sich aber doch auf drei Hauptformen zurückführen, nämlich:

Wasserröhren und Luftröhren (*Tracheae*), Kiemen (*Branchiae*), Lungen (*Pulmones*).

Wasserröhren, in denen sich das sauerstoffhaltige Wasser bewegt, worin die Thiere leben, kommen in verschiedenen Entwicklungsstufen bei vielen niedrigen Thierarten vor, bei den Medusen, den Echinodermen u. s. w.

Luftröhren oder Luftkanäle besitzen die Insecten und viele Arachniden. Sie bilden ein System von Röhren, welche durch einen Spiralfaden offen erhalten werden und sich durch den ganzen Körper in allen Organen verästeln: durch besondere Oeffnungen (*Stigmata*) münden sie an der Oberfläche des Körpers aus. Wo Luftkanäle vorhanden sind, da gelangt die Luft in diesen vom Blute oder von der Ernährungsflüssigkeit umspülten Röhren zu allen Organen; in Kiemen und in Lungen dagegen verbreitet sich das Blut über eine Fläche, zu welcher die Luft Zugang hat.

Kiemen und Lungen haben meistens einen drüsenartigen Bau: in einem ziemlich kleinen Raume wird eine grosse Oberfläche hergestellt, auf welcher das Blut in einem Capillarsysteme sich ausbreitet und mit der Luft in Berührung kommt. Die Kiemen sitzen meistens an der Oberfläche des Körpers in der Form häutiger Falten und werden von sauerstoffhaltigem Wasser umspült: sie finden sich bei solchen Thieren, die unter Wasser leben. Die Lungen sind innere Einstülpungen, die sich mit atmosphärischer Luft füllen: man trifft sie bei jenen Thieren an, welche den erforderlichen Sauerstoff unmittelbar der Luft entnehmen. Zu ihnen gehört auch der Mensch.

Die Darstellung der Respiration lässt sich bequem in folgenden drei Kapiteln zusammenfassen: 1) Anatomischer Bau und mikroskopische Anordnung der Respirationswerkzeuge. 2) Chemische Veränderungen der Luft und des Blutes beim Athmen oder Chemismus der Respiration. 3) Mechanische Bedingungen des Wechsels der in den Lungen enthaltenen Luft mit der Atmosphäre oder Mechanismus der Respiration.

Die verschiedene Entwickelung der Respirationswerkzeuge im Thierreiche steht mit dem gesammten Stoffwechsel in so genauem Zusammenhange, dass wir derselben kurz Erwähnung thun müssen. Vorhin nannten wir die verschiedenen Organe; jetzt wollen wir von den verschiedenen Thierklassen ausgehen.

Schon die Infusorien nehmen Wasser auf in eine oder in mehrere zusammenziehbare Blasen, welche die Stelle von Athmungswerkzeugen zu vertreten scheinen. Bei den Polypen kann vielleicht die mit Wimpern versehene Leibeshöhle dafür angesehen werden. Die Medusen besitzen ausserdem ein deutliches System von Wasserröhren mit wimpernder Oberfläche; ein solches ist bei

den Echinodermen noch mehr entwickelt, und bei den Holothurien kommt es neben innern Kiemen vor. Unter den Würmern besitzen die Rhabdocoelen Wasserröhren, während den Helminthen besondere Athmungswerkzeuge fehlen; die Räderthiere besitzen wiederum Wasserröhren, welche mit dem in der Leibeshöhle befindlichen Wasser in Verbindung stehen. In der Klasse der Anneliden haben die Hirudineen und die Lumbricinen Wasserröhren; die übrigen athmen mittelst Kiemen, die am Kopfe, am Leibe oder am Schwanzende sitzen. Die Crustaceen athmen durch Kiemen, welche an den Füssen sitzen, oder in einer besondern Höhle seitlich und hinten am Cephalothorax befindlich sind. Unter den Arachniden besitzen die Scorpioniden, die Phryniden und einige Araneae Lungensäcke oder Lungen mit strahligen Blättern, die zu 2 bis 8 an der Bauchseite liegen und einzeln durch ein besonderes Stigma ausmünden; andere haben Tracheen, manchmal zugleich neben Lungen. Die Insecten und Myriapoden haben insgesammt Luftkanäle; die im Wasser lebenden Insecten besitzen, gleich vielen Wasserlarven, Kiemen, welche die Luft vom Wasser scheiden und in die Tracheen überführen. Die Mollusken besitzen Kiemen, mit Ausnahme der Helicinen und Limacinen, welche mit Lungen versehen sind. — Unter den Wirbelthieren tragen die Fische Kiemen; die Reptilien haben Lungen, deren eine bei den Schlangen nur rudimentär vorhanden ist; die nackten Amphibien haben vorübergehend oder bleibend ebenfalls Kiemen. Die Vögel und die Säugethiere besitzen nur Lungen.

Bei manchen Thieren trifft man in verschiedenen Lebensperioden, aber auch wohl bleibend, verschiedene Formen von Respirationsorganen vereinigt an. Die Larven von Fröschen und Salamandern, die nur im Wasser leben, athmen durch Kiemen; die entwickelten Thiere dagegen nehmen durch Lungen unmittelbar Luft aus der Atmosphäre auf. Das Genus Onchidium unter den Mollusken hat während des ganzen Lebens gleichzeitig Lungen und Kiemen. Viele Spinnen sind zugleich mit Kiemen, mit Lungen und mit Luftkanälen versehen. — Ferner ist der Gasaustausch in der Haut mit jenem in den Lungen gleich zu stellen. Beim Menschen und bei allen warmblütigen Thieren tritt zwar die Hautathmung sehr in den Hintergrund; dagegen ist sie bei den nackten Amphibien sehr lebhaft, so dass Frösche, denen die Lungen ausgeschnitten wurden, noch geraume Zeit leben können. Werden diese Thiere nun z. B. in gepulvertem *Gummi arabicum* herumgewälzt, so wird die Hautfunction unterdrückt und wir sahen dann schnell Scheintod eintreten. Leben solche Thiere unter Wasser, dann erlangt die Haut zum Theil die Bedeutung von Kiemen.

Durch die zahlreichen Falten wird die Oberfläche der Kiemen sehr gross. Beim gemeinen Rochen schätzt sie *Matteucci* auf 2250 Quadratzolle. Das Capillarnetz übertrifft jenes der Lungen, womit es formell übereinstimmt, an Dichtigkeit und an Feinheit; davon haben wir uns durch zahlreiche Injectionen überzeugt. — Der Bau der Lungen zeigt bei verschiedenen Thieren die mannigfaltigsten Entwickelungsstufen. Bei der Schnecke ist es nur eine Einstülpung mit ziemlich glatter Oberfläche. Manche nackte Amphibien, z. B. der Wassersalamander, haben zwei längliche Säcke, deren Oberfläche noch nicht zellig ist. Die lange (nicht rudimentäre) cylinderförmige Lunge der Schlangen trägt im vordersten Abschnitte viele ganz kleine Zellen oder Bläschen, endigt dagegen nach hinten in eine einfache Röhre, die nichts als ein Luftsack ist und der das Capillarsystem einer Athmungsfläche fehlt. Beim Frosche unterscheiden sich die Lungen nur durch die besondere Grösse der Lungenbläschen von denen der höhern Thiere. Bei Schildkröten, Crocodilen sind die Bläschen schon kleiner und das Lungengewebe bekommt dadurch schon mehr Festigkeit. Die kleinsten Lungenbläschen haben die Säugethiere (die Cetaceen ausgenommen, deren Lungen übrigens eine ungewöhnliche Entwickelung besitzen); ein bestimmtes Lungenvolumen hat daher bei ihnen die grösste Oberfläche, und die Lungen zeigen die stärkste Entwickelung. Die Lungen der Vögel unterscheiden sich von jenen der Säugethiere hauptsächlich durch den Verlauf der Luftröhrenäste, die sich zum Theil an der Oberfläche der Lungen öffnen und mit den Luftsäcken zwischen den Baucheingeweiden, durch diese aber mit den Höhlungen der Knochen in Verbindung treten.

Bei den Reptilien und eben so bei den walartigen Thieren, welche längere Zeit unter Wasser bleiben können, ist die Luftmenge, welche die Lungen aufzunehmen vermögen, im Verhältniss zur Oberfläche sehr gross; sie verändert sich deshalb nicht so schnell, und es bedarf keiner so raschen Erneuerung.

Vergl. *Wagner's* Lehrb. d. spec. Phys. 2. Aufl. S. 176; *C. Bergmann* und *R. Leuckart*, Anatomisch-physiologische Uebersicht des Thierreichs. Stuttgart 1852. S. 224; ferner die Handbücher der vergleichenden Anatomie und die späteren Beiträge von *Joh. Müller*.

Erstes Kapitel.

Bau und Gewebe der Respirationsorgane.

M. Malpighi, *de pulmonibus epistolae duae ad Borellum. Bonon.* 1661.
F. D. Reisseisen, Ueber den Bau der Lungen. Berlin 1822.
Jac. Moleschott, *de Malpighianis pulmonum vesiculis. Heidelb.* 1845.
Rossignol, *Recherches sur la structure intime du poumon. Brux.* 1846.
Adriani, *Diss. de subtiliori pulmonum structura. Traj. ad Rhen.* 1847. (Unter der Leitung von *Schröder van der Kolk* und von *Harting* bearbeitet.)
E. Schultz, *Disquisitiones de structura et textura canalium aëriferorum. Dorpat.* 1850.
Kölliker, Mikrosk. Anat. Bd. 2. S. 295.

129. Eintheilung der Luftwege.

Zu den Luftwegen gehören zum Theil die Mund- und Nasenhöhle nebst dem Schlunde, ferner dann der Kehlkopf, die Luftröhre mit ihren Verästelungen und endlich die Lungen. Die Mundhöhle und der Schlund wurden schon oben grossentheils beschrieben; die Nasenhöhle kommt beim Geruchssinne, der Kehlkopf aber beim Mechanismus der menschlichen Stimme zur Sprache. Wir haben daher hier blos von der Luftröhre und von den Lungen nebst der umkleidenden Pleura zu handeln: den Brustkasten mit seinen zusammensetzenden Theilen werden wir beim Mechanismus des Athemholens betrachten.

§ 130. Die Luftröhre und deren Verästelungen.

Betrachtet man die Lungen als Drüsen, so hat man die Luftröhre (*Trachea*) und deren Verästelungen (*Bronchi* und *rami bronchiales*) als Ausführungskanäle anzusehen. Von andern Ausführungskanälen unterscheiden sich dieselben nur durch die zum Theil knorpligen Wände, denen sie eine bestimmtere Form zu verdanken haben so wie die Eigenschaft, weniger leicht comprimirt zu werden. Die regelmässigen, nur an der Hinterseite nicht geschlossenen Ringe der Luftröhre werden an den Bronchien schon unregelmässiger; sie werden bald durch unregelmässige, rudimentäre kleine Platten er-

setzt und fehlen gänzlich in den Aesten von 1 Millimeter Durchmesser.

Am vordern sowohl wie am hintern Umfange der Luftröhre kann man drei Schichten unterscheiden: die äussere ist eine elastisch-fibröse; die mittlere ist vorn grösstentheils knorpelig, hinten dagegen muskulös; die innerste ist eine Schleimhaut.

Die äussere Schicht (Fig. 95 u. 96. *a*) ist über den Knorpeln $\frac{1}{10}$ Millim. dick und besteht aus elastischen und Bindegewebsfasern; sie hängt mit dem Perichondrium der Knorpel zusammen und verbindet diese unter einander. Zwischen den Knorpeln (Fig. 95. *a'*) ist diese Schicht dicker und sie vertritt hier zum Theil die mittlere Schicht. Am hintern Umfange der Luftröhre (Fig. 96. *a*) hat sie eine etwas geringere Dicke und durch ein lockeres Bindegewebe steht sie mit der Speiseröhre in Verbindung.

Die Knorpel der mittlern Schicht (Fig. 95. *bb*), welche höchstens $1\frac{1}{3}$ Millim. Dicke erreicht, besitzen eine structurlose Intercellularsubstanz und regelmässige Knorpelkörperchen mit dickwandigen, fett-

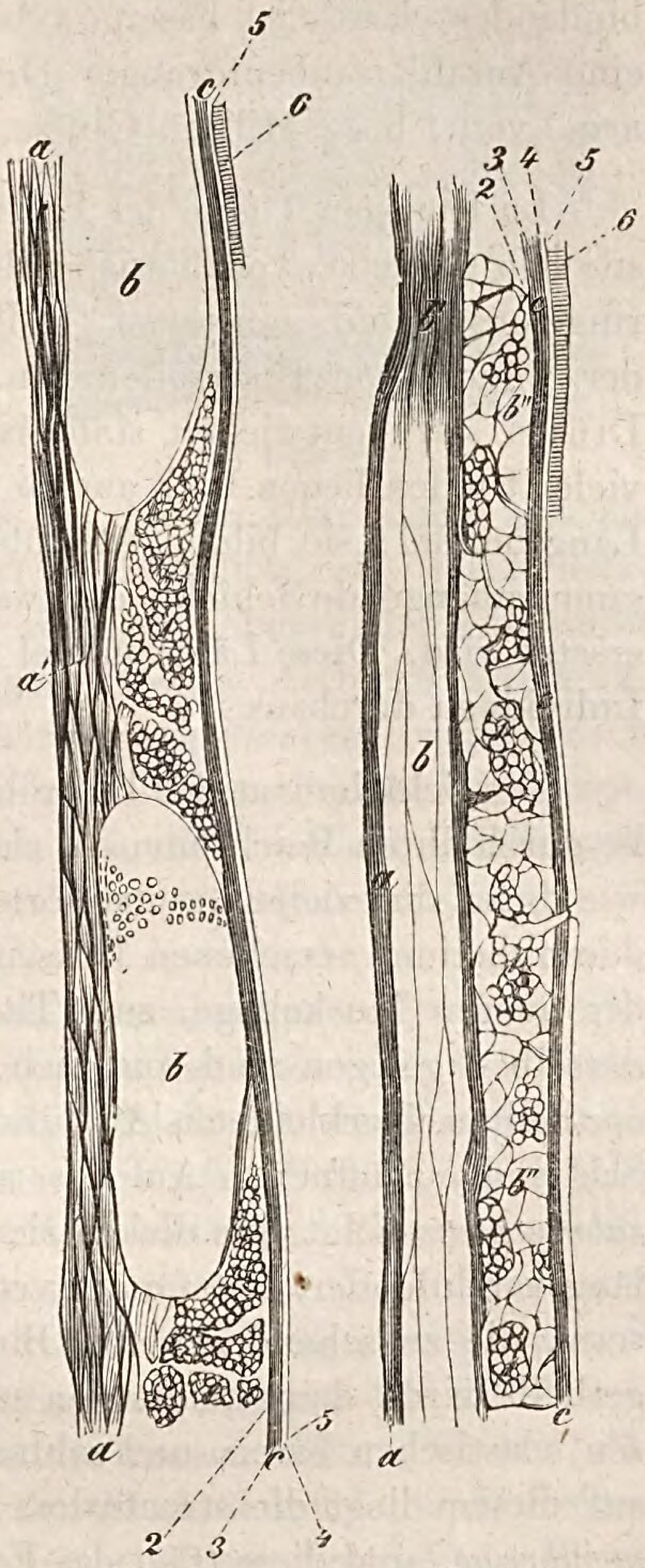


Fig. 95. Fig. 96.

Fig. 95. Längsdurchschnitt der Luftröhre. *a* Die äussere Faserschicht. *a'* Die nämliche zwischen den Knorpeln. *bb* Durchschnittene Luftröhrenknorpel. *cc* Die Schleimhaut der Luftröhre. 1 1 Traubenförmige Drüschen. 2 *Stratum submucosum.* 3 Netzförmig verbundene elastische Fasern. 4 Kernhaltige Fasern. 5 Structurlose Schicht oder *Basement membrane.* 6 Epithelium.

Fig. 96. Längsdurchschnitt des hintern Theils der Luftröhre. *a* Die äussere Faserschicht. *b* Längslaufende Faserzellen. *b'* Elastische Fasern. *b'' b''* Beginn der Fasern in der querverlaufenden Schicht. *c c* Schleimhaut. 1 bis 6 wie in Fig. 95.

reichen Zellen. Nahe der Oberfläche werden die Knorpelkörperchen sehr abgeplattet und schmal, so dass sie wohl ohne bestimmte Grenze in die elastischen Fasern des Perichondrium übergehen. Die Interstitien der Knorpel sind nach aussen durch ein die Knorpel verbindendes elastisches Fasergewebe erfüllt, und nach innen durch eine Anzahl traubenförmiger Drüschen (*Glandulae intercartilagineae*) von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{2}{3}$ Millim. Grösse.

Im häutigen Theile der Luftröhre entwickelt sich aus dem elastischen Gewebe, vom Perichondrium an den Enden der Knorpelringe ausgehend, eine etwa $\frac{1}{2}$ Millim. dicke Schicht querverlaufender Bündel von Faserzellen. In der Nähe der Knorpel, wo die Drüsen stark entwickelt sind, ist diese Schicht noch dünner. An vielen Stellen liegen nach aussen auf dieser queren Muskellage noch Längsbündel; sie bilden eine über $\frac{1}{2}$ Millim. dicke, aber nicht zusammenhängende Schicht, die zwischendurch von elastischen Fasern ersetzt wird. Diese Längsbündel fehlen nach *Kölliker* bei manchen Individuen durchaus.

Die Schleimhaut der Luftröhre hat $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Millim. Dicke; sie ist durch ihren Reichthum an elastischen Fasern ausgezeichnet, so wie durch die vielen traubenförmigen, meistens mit einem Cylinderepithelium versehenen Drüsen, die zum Theil nach innen auf der queren Muskellage, zum Theil aber auch zwischen und über derselben gelegen sind und sich durch einen engen mit Cylinderepithelium überkleideten Ausführungsgang auf der Innenfläche der Schleimhant öffnen. Auf das nur schwach entwickelte *Stratum submucosum* folgt eine dicke, ziemlich zusammenhängende Schicht längsverlaufender, netzförmig verbundener, dünner elastischer Fasern, die zwischendurch von Bindegewebe in eine Doppelschicht getheilt wird; dann kommt ein structurloses Bindegewebe mit kurzen, elastischen Fasern und zahlreichen Kernen (atrophirte Zellen); auf diesem liegt die structurlose, elastische Schicht der *basement membrane,* und diese trägt das Epithelium. Dieses letztere besteht in der Luftröhre aus mehreren Schichten kernhaltiger Zellen: die untersten sind kleiner und mehr rund, die mittlern haben bereits eine längliche Gestalt, die oberflächlichsten aber, welche Wimperhaare tragen, können auf $\frac{1}{150}$ Millim. Breite $\frac{1}{25}$ Millim. Länge haben. Durch die wimpernde Bewegung werden Schleim und andere kleine Molekeln längs der Oberfläche nach oben fortbewegt. Wahrscheinlich werden die oberflächlichen Schichten langsam abgestossen

und die tiefer liegenden Zellen bedecken sich ihrerseits mit Wimperhärchen.

Die Blutgefässe der Luftröhre verbreiten sich in den verschiedenen Schichten und bilden ein ziemlich dichtes Capillarnetz mit rundlichen Maschen in der Schleimhaut, gleich unter dem Epithelium. Die Lymphgefässe sind auch zahlreich. *Kölliker* fand einmal die oberflächlichen Lymphgefässe (?) beim Menschen dergestalt mit einem weisslichen geronnenen Safte angefüllt, dass sie unterm Mikroskope sich als Kanäle von 0,003 — 0,005 — 0,01''' darstellten, die theils netzförmig verbunden waren, theils aber auch abgerundet und blind endigten. Von diesem Netze gingen grössere Aeste ab und senkten sich in die Tiefe. — Die zahlreichen Nerven, welche nach *Engel* mikroskopische Anschwellungen besitzen, breiten sich hauptsächlich in der Schleimhaut aus, wo sie deutliche Theilungen wahrnehmen lassen, dann aber auch in den Muskelschichten und in den Drüsen.

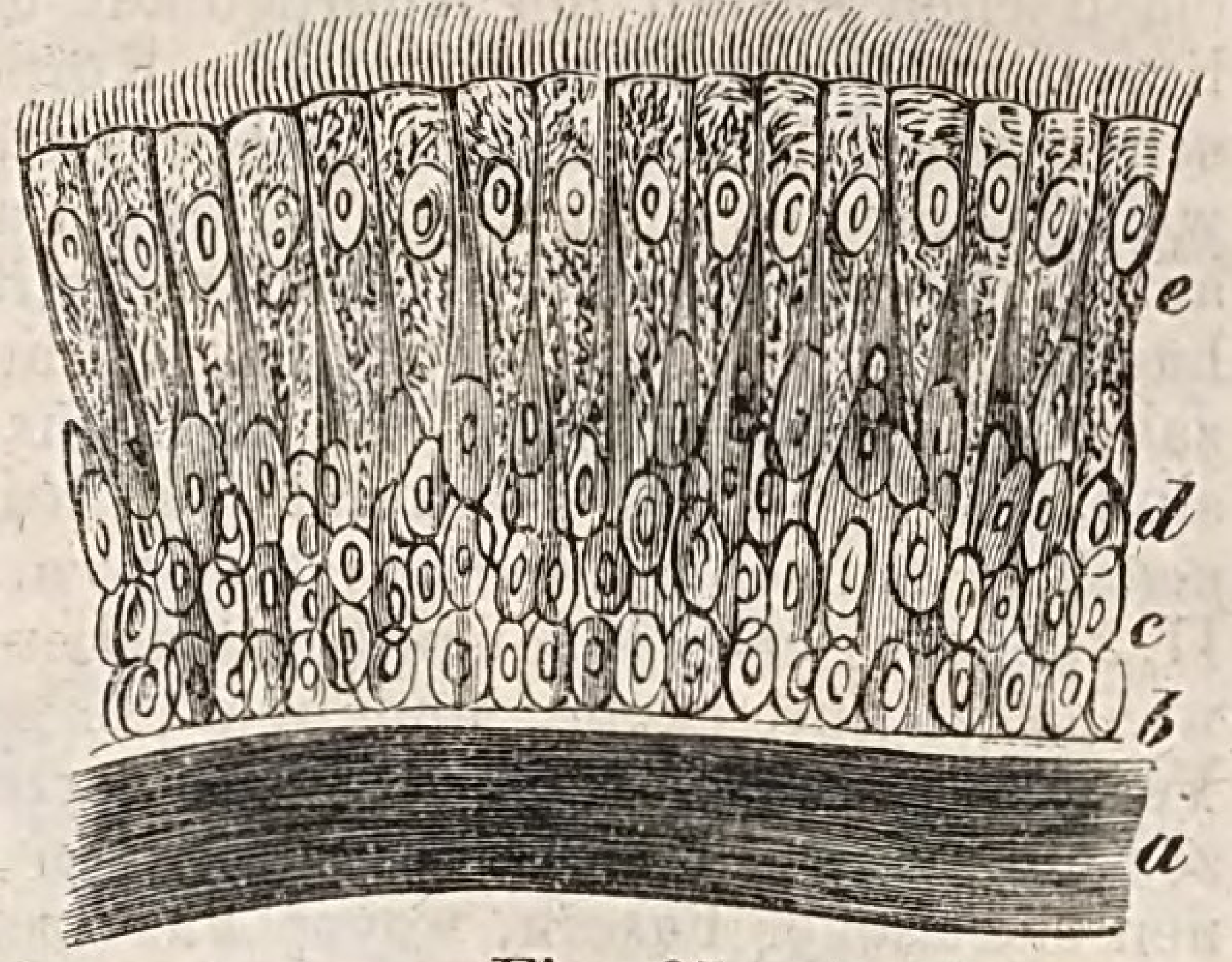


Fig. 97.

Die Luftröhre wird länger und kürzer, enger und weiter. Die Verengerung wird durch die Contraction der queren Muskelbündel zu Stande gebracht, in deren Folge die Enden der Knorpel sich einander nähern. Die Erweiterung muss eine Folge der Erschlaffung dieser Muskelbündel sein. Hebt sich das Zungenbein beim Schlucken oder Singen nach oben, so muss die Luftröhre länger werden. Hört diese Ausdehnung auf, so tritt Verkürzung ein, weil die elastischen Fasern zwischen den Knorpelringen und die Längsmuskeln an der Hinterseite sich zusammenziehen. Nach *Volkmann* stehen die Contractionen der Muskelbündel der Luftröhre und ihrer Aeste unter dem Einflusse des *Vagus*. Bei Reizung dieses Nerven jedoch beobachteten wir kein Steigen an dem in die Luftröhre eingebrachten Manometer.

Die Knorpel der Luftröhre haben weniger Neigung zum Verknöchern, als jene des Kehlkopfs. Nicht selten jedoch fanden wir stellenweise an der In-

Fig. 97. Flimmerepithelium der menschlichen Luftröhre, 350mal vergrössert; nach *Kölliker*. *a* Aeusserster Theil der elastischen Längsfasern. *b* Structurlose Schicht oder *Basement membrane*. *c* Tiefste Schicht von runden Zellen. *d* Mittlere längliche Zellen. *e* Oberflächlichste flimmertragende Zellen.

tercellularsubstanz ein faseriges Aussehn, und bei alten Leuten sahen wir die Knorpelkörperchen durch körnige Ablagerung von Kalksalzen undurchscheinend. In der Nähe des Perichondrium werden die Knorpelkörperchen sehr abgeplattet und schmal, und sie gehen manchmal ohne scharfe Grenzen in die elastischen Fasern der Knorpelhaut über; in der Mitte der Knorpel dagegen liegen immer grössere rundliche Körperchen mit mehrfachen Zellen. Die zwischen den Knorpeln befindlichen Drüsen sind bald mehr bald weniger entwickelt. Immer fangen sie schon da an, wo die Knorpel dünner werden, und am dicksten sind sie in den Interstitien der Knorpel. An den Grenzen des häutigen Theils der Luftröhre, wo die Knorpel dünner werden, kommen auch zahlreiche Drüsen vor, die übrigens im ganzen häutigen Theile verbreitet sind. — Die Längsmuskelbündel wurden zuerst von *Kramer* erwähnt (*De penitiori pulmonum hominis structura. Berol.* 1847) und *Kölliker* (Mikr. Anat. II. 2. S. 305) hat sie genau beschrieben. Dünne elastische Fasern treten hin und wieder an ihre Stelle, und in diese scheinen sie allmählig durch zunehmende Verschmälerung der Faserzellen überzugehen, so dass wir keine scharfen Grenzen aufzufinden vermochten. *Kölliker* indessen giebt eine Abbildung von Sehnen elastischer Fasern, wovon Faserzellen entspringen.

Die Richtung der Wimperbewegung auf der Schleimhaut der Luftröhre ist von *Biermer* (Verhandlungen der Würzb. phys. med. Gesellsch. Bd. 1. S. 212) untersucht worden. Kleine Kohlentheilchen wurden binnen 5 Minuten 1 Linie weit fortbewegt. Einmal beobachtete er 52 Stunden nach dem Tode noch Wimperbewegung.

§ 131. Die Lungen.

Die zwei Lungen erfüllen den grössten Theil der Brusthöhle. Jede Lunge hat einen besondern serösen Ueberzug, die *Pleura*, die sich an der Wurzel des Organes nach vorn und hinten umschlägt (*Laminae mediastini*), um die Thoraxwandung gleichwie auch die Oberfläche des Zwerchfells zu überkleiden. Im gesunden Zustande ist die *Pleura pulmonalis* überall mit der *Pleura parietalis* in unmittelbarer Berührung. Bei Erweiterung des Brustkastens werden auch die Lungen grösser und verschieben sich auf der *Pleura parietalis*. Lässt die den Brustkasten erweiternde Muskelwirkung nach, dann ziehen sich die Lungen vermöge ihrer Elasticität zusammen. Diese Elasticität nimmt man schon nach der Eröffnung des Thorax wahr, und eben so sehen wir, wenn die Lungen durch die Luftröhre aufgeblasen werden, dass ein grosser Theil der Luft wiederum ausgetrieben wird; sie rührt von elastischen Fasern her, die im Lungengewebe das Uebergewicht haben.

Die Lungen bestehn aus Lappen, die sich immer weiter und weiter theilen. Besonders durch Aufblasen tritt dieser gelappte Bau deutlich zu Tage. Zunächst ist die rechte Lunge durch zwei tiefe mit der Pleura überkleidete Einschnitte in drei Lappen getheilt, und an der linken entstehen durch einen einfachen Einschnitt zwei Lappen. An jedem dieser Lappen sieht man Bindegewebsstreifen verlaufen, die in ältern Lungen durch Pigmentabla-

gerung nicht selten schwarz gefärbt sind, und von diesen gehen Scheidewände aus, wodurch die Lungen wiederum in Läppchen getheilt werden. Allen diesen Theilungen correspondirt die Verästelung der *Bronchi* und der *Bronchia*. Die kleinsten Läppchen, welche nur bei Embryonen und ganz jungen Kindern durch eine dickere Bindegewebsschicht abgegrenzt werden, kommen auch bei ältern Individuen an der Oberfläche zum Vorschein, wenn man Wachs in die Luftwege injicirt, wodurch die Oberfläche jedes Läppchens mehr kuglig sich darstellt (Fig. 98). Es haben die kleinsten Läppchen einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Mill. und sie stellen trichterförmige Erweiterungen (*Rossignol's Infundibula*) der letzten Luftröhrenästchen dar; grössere und kleinere Vorsprünge, die von ihrer Innenfläche ausgehen, begrenzen die Lungenbläschen (*Vesiculae s. Alveoli pulmonum*), welche sich in das *Infundibulum* öffnen. Aus solchen bläschenführenden *Infundibulis* besteht das ganze Gewebe der Lungen.

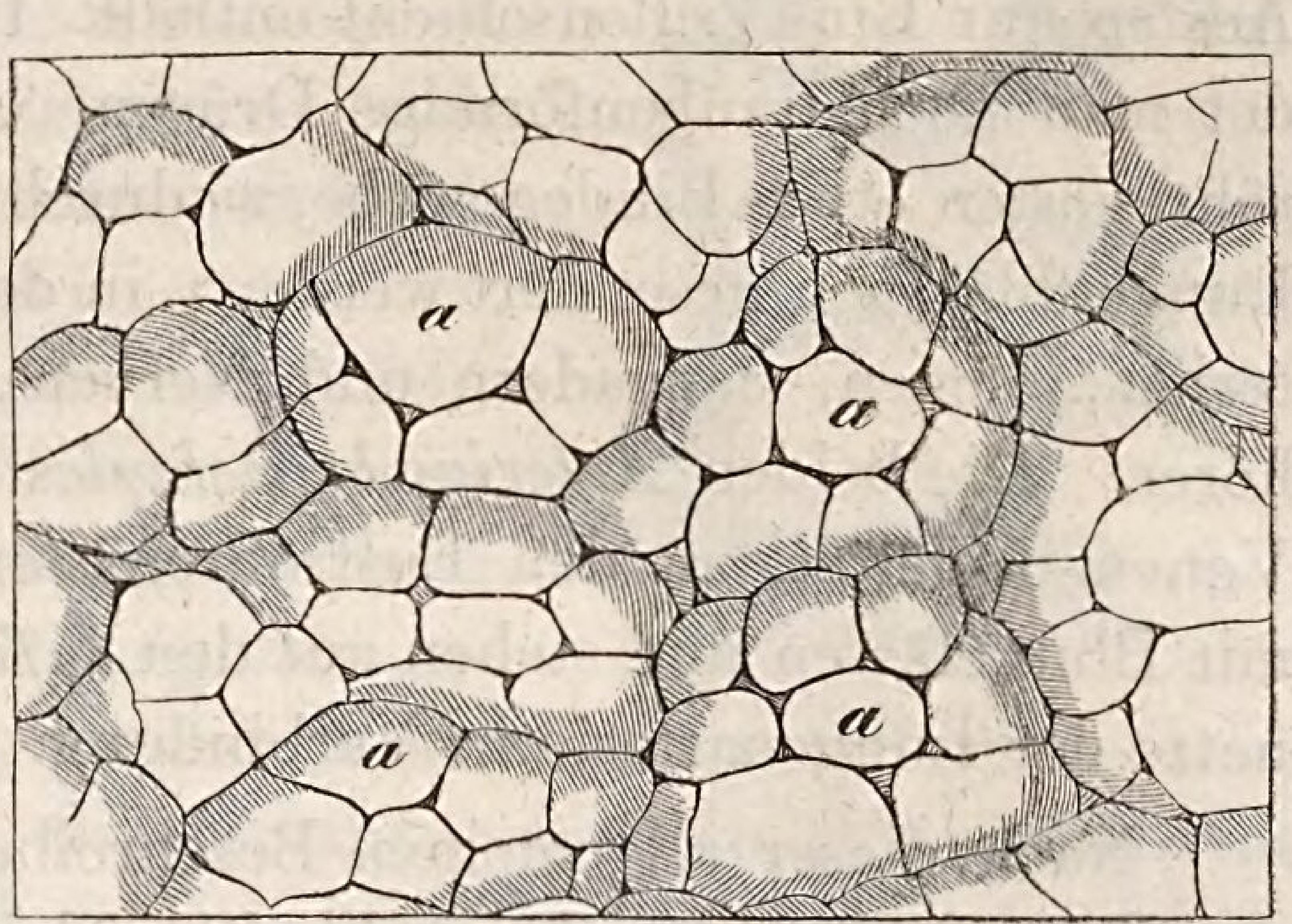


Fig. 98.

Noch bevor die Luftröhrenäste in die Lungenwurzel eintreten, fangen sie an sich zu verästeln und diese Verästelung setzt sich im Lungengewebe fort. Meistens erfolgt die Verästelung dichotomisch unter einem spitzen Winkel; es gehen aber auch von den grössern Aesten rechtwinkelig kleinere Zweige ab, die sich, gleich den Enden der Hauptäste, zuletzt mehr bündelförmig theilen. Jedes feinste Aestchen erweitert sich aber trichterförmig zu einer kleinen pyramidenförmigen Höhle, die wir so eben als *Infundibulum* kennen gelernt haben.

An ganz kleinen Luftröhrenästchen sind noch drei Häute zu unterscheiden: die äussere besteht aus Bindegewebe und feinen elastischen Fasern, die an den grössern Aesten mit den unregelmässig eingestreuten Knorpeln zusammenhängen, nach den Enden hin aber mit der Schleimhaut verschmelzen; die mittlere besteht aus

Fig. 98. Oberfläche der Lunge in 40maliger Vergrösserung; nach *Adriani*. Man sieht die Basis verschiedener *Infundibula* mit den einzelnen *Alveoli* (*a a a a*).

queren, abgeplatteten Muskelbündeln, die da, wo die Knorpel unregelmässig werden, über die ganze Fläche ausgebreitet sind und sicherlich bis in die Nähe der *Infundibula* sich erstrecken; die innere oder die Schleimhaut besitzt zahlreiche längslaufende elastische Fasern und wird von einer structurlosen Schicht begrenzt, auf welcher das Flimmerepithelium sitzt, welches in den kleineren Aesten nur Eine Zellenschicht enthält. In den grössern Aesten findet man noch traubenförmige Drüsen. Aussen liegt auf den Luftröhrenästen etwas Bindegewebe, wodurch sie von den angrenzenden Lungenbläschen gesondert werden; in demselben verlaufen die Arterien, Venen, Saugadern und Nerven, die ihren Wänden angehören. Die beiden *Arteriae bronchiales* verästeln sich, immer von Venen begleitet, an den Luftröhrenästen, versorgen deren Häute mit Blutgefässen und stehen auf den *Infundibulis* mit dem Capillarnetze der Lungenarterie in Verbindung.

Nach dieser allgemeinen Beschreibung wenden wir uns näher zur Betrachtung der *Infundibula* und ihrer Alveolen. Jedes *Infundibulum* kann man einer Froschlunge vergleichen; nur ist es viel kleiner als diese. Eine gute Vorstellung bekommt man davon, wenn man eine Froschlunge aufbläst, trocknet und der Länge nach durchschneidet. In der Mitte der *Infundibula* befindet sich eine längliche Höhle, die man als die Erweiterung eines feinsten Luftröhrenästchens (Fig. 99. *a*) ansehen kann. Auf der Wand erheben sich *Septa* zur Begrenzung der Alveolen, so dass die Aussenwand der Alveolen nichts anders ist als das *Infundibulum* selbst. Auf Durchschnitten der Lungen ist es oftmals schwierig, vom Verhalten der *Infundibula* und der Alveolen sich vollständig Rechenschaft zu geben, weil die erstern (Fig. 99. *de*) in verschiedener Richtung und in verschiedener Höhe getroffen werden. Am besten gewahrt man sie auf Durchschnitten, welche mit der Oberfläche der aufgeblasenen und getrockneten Lunge parallel sind (Fig. 100): der

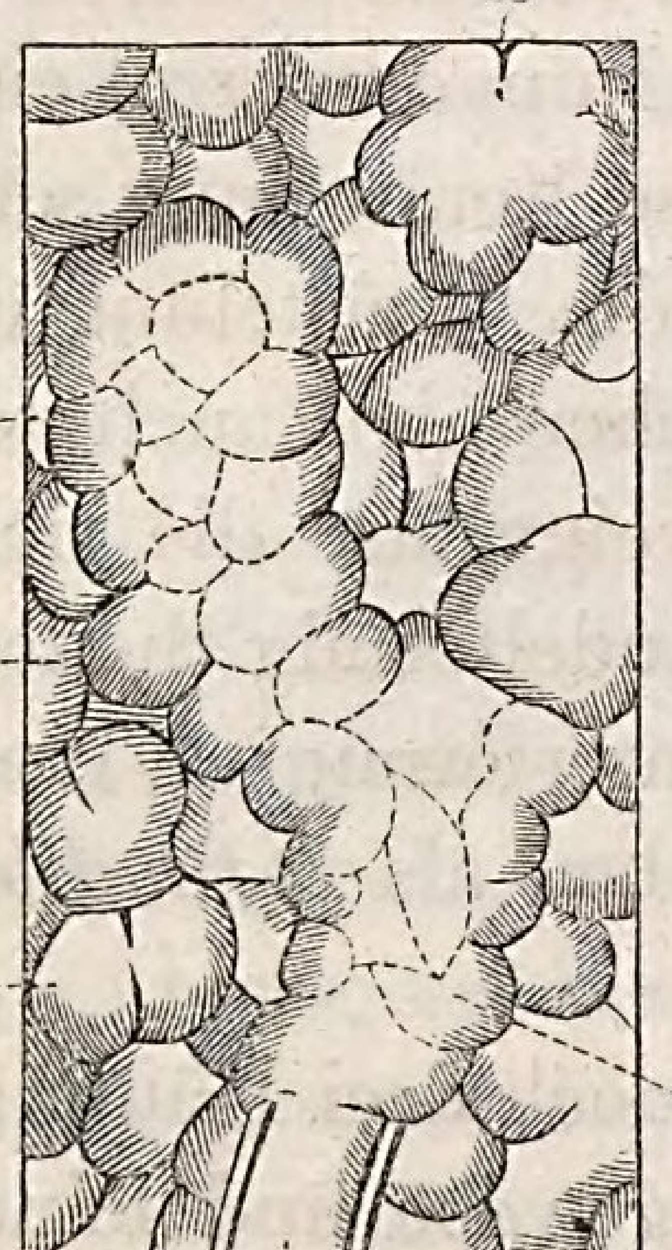


Fig. 99.

Fig. 99. Vergrösserter Durchschnitt der Lungen; nach *Adriani*. *a* Kleinstes Luftröhrenästchen, dass sich zu einem der Länge nach durchschnittenen *Infundibulum* erweitert. *b* Vorsprünge im Anfange des *Infundibulum*. *c d e f* Durchschnitte vom *Infundibulis* und von Alveolen.

Schnitt trifft hier bei den meisten senkrecht auf ihre Längsaxe, man erkennt die durchschnittenen *Infundibula* als grössere Oeffnungen, und auf ihren Wänden machen sich die Alveolen als Ausbuchtungen bemerklich. Die mässig ausgedehnten Alveolen messen beim Menschen im Mittel $\frac{1}{5}$ Millim. An der Wandung der kleinsten Luftröhrenästchen, kurz bevor sie sich trichterförmig erweitern, zeigen sich bereits Vorsprünge (Fig. 99. *b*).



Fig. 100.

Die Wände der Lungenbläschen enthalten nur in geringer Menge ein ziemlich homogenes Bindegewebe; darunter kommen viele feine, netzförmig verbundene elastische Fasern vor, welche an den Mündungen der Alveolen in die trichterförmige Höhle meistens ringförmig verlaufen und in grösserer Menge vorhanden sind. Mehr weniger vollständig werden sie von einem einfachen Pflasterepithelium bedeckt; dasselbe besteht aus rundlichen, nicht ganz an einander anschliessenden Zellen, an denen man Kerne und nicht selten auch Fettkörnchen wahrnimmt. Gleich unter diesen Zellen, in der Faserschicht, liegt das aus Aesten der Lungenarterie hervorgehende dichte Capillarnetz. Die blutgefüllten Capillaren fanden wir im Mittel $\frac{1}{110}$ Millim. dick, die ovalen Maschenräume aber maassen $\frac{1}{170}$ bis $\frac{1}{85}$ Millim. Bei starker Anfüllung der Capillaren bemerkt man eine blutige Fläche, worin die Maschen als kleine Inselchen eingestreut sind. Die Arterienäste, aus denen das Capillarnetz hervorgeht, verlaufen innerhalb der Lungen mit den Luftröhrenästen und verbreiten sich ähnlich, wie diese. Als kleinste Arterienästchen verlaufen sie zwischen den *Infundibulis*. Aus diesen gehen ganz kurze Aestchen an die angrenzenden *Infundibula*, lösen sich schnell in feine Capillaren auf, und bilden über ein ganzes *Infundibulum*, zum Theil auch mit über angrenzende *Infundibula* ein zusammenhängendes Ganze. Aus kurzen Würzelchen des mehr erweiterten Capillarnetzes entspringen an einzelnen Stellen, entfernt von den kleinen Arterienästchen, die Venen; dieselben treten meistens rechtwinkelig zu den grössern Aesten, welche sich

Fig. 100. Vergrösserter Durchschnitt der Lungen, rechtwinkelig auf mehrere *Infundibula*; nach *Adriani*. *a* Anfang der Lungenvenen. *bb* Aestchen der Lungenarterie zwischen den *Infundibulis*.

zur Lungenwurzel begeben, zum Theil gemeinschaftlich mit den Arterien und Bronchialästen, grösstentheils aber entfernt von diesen verlaufend. Der isolirte Verlauf der Venen hängt damit zusammen, dass ihre Wurzeln in einiger Entfernung von den kleinsten Arterien aus dem Haargefässnetze entspringen, das Blut muss daher einen längern Weg durch die Capillaren zurücklegen, bevor es die Venenwürzelchen erreicht. — Die Aestchen der Lungenarterie bilden auch unter der Lungenpleura ein Capillarnetz; die Capillaren sind aber hier grösser und haben grössere Maschenräume, als an den Lungenbläschen. Auf gleiche Weise verhalten sich auch die kleinen Bronchialästchen, auf denen ein feines Capillarnetz mit mehr länglichen Maschen entsteht. An beiden Stellen anastomosiren die *Vasa pulmonalia* und *bronchialia*, während die letztern an den Bronchialästen sich hauptsächlich in der Muskelhaut und der Faserhaut ausbreiten. Ausserdem verbreiten sich die *Arteriae bronchiales* auch noch an den Wandungen der Lungenvenen und Lungenarterien.

Die Lungenlymphgefässe zerfallen in oberflächliche und tiefe. Die oberflächlichen verlaufen unter der Pleura in den Zwischenräumen der Lungenläppchen, ein Netz bildend, dessen Gestaltung durch die Basis dieser Läppchen bestimmt wird: sie entleeren sich in die Lymphgefässe an der Lungenwurzel, treten aber auch durch mehrfache Aestchen mit den tiefen Gefässen in Verbindung, welche hauptsächlich dem Verlaufe der Lungenarterien folgen, durch einige kleine *Glandulae pulmonales* hindurch zur Lungenwurzel treten und hier mit den *Glandulae bronchiales* sich vereinigen.

Die Nerven für die Lungen stammen vom *Vagus* und *Sympathicus* und breiten sich vornehmlich mit den Verästelungen der Lungenarterie aus. An den kleinern Zweigelchen dieser Nerven findet man mikroskopische Nervenknötchen.

Der Bau der Lungen ist erst in der jüngsten Zeit erkannt worden. Das Historische wurde von *Moleschott*, dann von *Rossignol* und von *Adriani* ausführlich gegeben. Die Ansicht von *Reisseisen*, welcher in den Lungenbläschen die einfachen Endigungen der kleinsten Bronchialästchen, also *Vesiculae terminales* erkannte, hatte lange Zeit hindurch allgemeine Geltung. *Moleschott* glaubte an dem Ende sowohl als an der Wandung der Bronchialästchen Lungenbläschen zu finden (*Vesiculae terminales et parietales*); er erlangte deshalb keine ganz richtige Vorstellung vom Baue, weil er die trichterförmigen Enden, die *Infundibula* nicht als solche erkannte, sondern nur für Bronchialästchen hielt. Das eigentliche Verhalten der Bronchialästchen, der *Infundibula* und der Alveolen hat *Rossignol* zuerst aufgeklärt, dessen Beschreibung alsbald von *Schröder van der Kolk* und *Harting* in der Hauptsache bestätigt wurde.

Gegenwärtig besteht nur über zwei Punkte einige Meinungsverschiedenheit. Während nämlich die Mehrzahl der Physiologen nur Eine Schicht von Alveolen auf der Wandung der *Infundibula* annimmt, lässt *Kölliker* die Alveolen gruppenweise vorhanden sein, und ein grosser Theil derselben soll nicht

unmittelbar mit der grössern Höhle in Verbindung stehen, sondern erst in andere Alveolen und mittelst dieser dann in die Höhle des *Infundibulum* einmünden. Wenn wir an aufgeblasenen, sodann unterbundenen und getrockneten Lungen dicht unter der Pleura Durchschnitte machten, welche der Oberfläche parallel waren, so sahen wir hier immer nur eine Lage von Alveolen in jedem *Infundibulum*. Am besten ist es, man legt sogleich ein Deckgläschen auf den Durchschnitt und fügt dann erst Wasser hinzu. Durch die Capillarattraction entsteht eine Strömung, welche die Luft austreibt; das Präparat kann sich dabei auch nicht zusammenziehen, und man erkennt das wahre Verhalten, wie es in den ausgedehnten Lungenbläschen vorkommt. — Damit scheint ein zweiter Punkt im Zusammenhange zu stehn. *Adriani* ist der Meinung, dass die Alveolen an einander grenzender *Infundibula*, wenigstens in einiger Entfernung von der Oberfläche, nicht selten mit einander communiciren, während *Rossignol* darin etwas Pathologisches findet. *Kölliker* konnte sich von diesem Vorkommen auch nicht überzeugen. Das Wahre an der Sache ist, dass man bei ältern Individuen auf Durchschnitten oftmals etwas wahrnimmt, was sich nur als eine Communication zwischen Alveolen benachbarter *Infundibula* deuten lässt, — man müsste denn mit *Kölliker* annehmen, dass manche Alveolen nur mittelbar in die *Infundibula* münden. Da nun in der spätern Lebenszeit das Bindegewebe zwischen den *Infundibulis* mehr und mehr schwindet und bei manchen Alveolen statt der Seitenwandungen unvollkommene Streifen sich zeigen, so ist es sehr wahrscheinlich, dass auch die Zwischenwand zwischen angrenzenden *Infundibulis* resorbirt und dadurch eine Communication zu Stande gebracht werden kann. Aus diesem Grunde neigen wir mehr zu dieser Meinung als zu der Ansicht von *Kölliker*, dass verschiedene Schichten von Alveolen ursprünglich zu demselben *Infundibulum* gehörten; wenigstens bei den unmittelbar unter der Pleura liegenden ist dies gewiss nicht der Fall.

Die Uebereinstimmung im Bau der Lungen mit den gewöhnlichen traubenförmigen Drüsen hebt besonders *Kölliker* hervor. Die trichterförmigen Erweiterungen der kleinsten Bronchialästchen mit der auf ihnen vorkommenden Schicht von Alveolen sind aber wohl charakteristisch genug, um *Rossignol's* Bezeichnung als *Infundibula* vollkommen gerechtfertigt zu finden.

Die elastischen Fasern der Lungenzellen bildete schon *R. Wagner* (*Icones physiol. Tab.* 15. *Fig.* 6. *a*) ab. Ueber die Natur derselben konnte kein Zweifel bestehen nach den Untersuchungen von *Schröder van der Kolk* (*Nederl. Lancet.* 2e *Serie I.* 401) und von *Moleschott* (Ebend. 735); nur nahm der letztere unrichtiger Weise auch Muskelfasern in den Wandungen der Lungenbläschen an. Jene Fasern werden nämlich durch kohlensaures Kali auch bei längerer Einwirkung nicht aufgelöst, und auch Essigsäure greift sie nicht an. Bemerkenswerth ist es, dass sie bei tuberculöser Zerstörung des Lungengewebes auch nicht aufgelöst werden, und mithin in den *Sputa* vorkommen können, worauf vornehmlich *Schröder van der Kolk* aufmerksam gemacht hat.

Die genauere Beschreibung des Verhaltens der Blutgefässe in den Lungen verdanken wir besonders *Rossignol* und *Adriani* (*Schröder van der Kolk* und *Harting*), nachdem schon früher *Addison* (*Philos. Transact.* 1840) auf den eigenthümlichen Verlauf der Lungenvenen aufmerksam gemacht hatte. Die neuesten Untersuchungen *Beale's*, welche im Auszuge im *Monthly Journ. of Edinb.* 1853. *p.* 454 mitgetheilt sind, weichen hiervon in einigen Punkten ab. Von jedem *Infundibulum* sollen zwei *Venae pulmonales* kommen, die eine von der Spitze, die andere von der Basis, und die letztere (?) soll sich in der Schleimhaut der Bronchialäste ausbreiten, bevor sie sich in die Lungenvenen öffnet. So sollen die Bronchialäste ihr Blut erst mittelbar aus der Lungenarterie empfangen, nachdem es oxydirt worden ist, nicht aber aus Aesten der Bronchialarterien. Die letztern lässt *Beale* vornehmlich im Bindegewebe der Lungen sich ausbreiten, so dass sie auch unmittelbar unter der *Pleura pulmonalis* sich verästeln. *Rainey* (*Transact. of London. Vol.* 28. 1845. *p.* 581 u. *Vol.* 31. 1848. *p.* 299) läugnete früher mit Recht, gleich *Addison*, das Flimmerepithelium in den Lungenbläschen, schien aber mit Unrecht anzunehmen, dass gar kein Epithelium darin vorkomme und dass die Capillaren nur mit einem dünnen fas-

rigen Häutchen bedeckt seien; neuerdings scheint er aber (nach *Todd* und *Bowman*, die jedoch *Rainey's* Arbeit nicht anführen) zu behaupten, es lägen die Capillaren, wenigstens bei Säugethieren und Vögeln, ganz nackt in den Alveolen, weder mit einem besondern Häutchen oder mit Fasern, noch mit einem Epithelium bedeckt. *Todd* und *Bowman* (*P. IV. p.* 393) stimmen dieser Ansicht bei. Die Vogellungen sollen nach *Rainey* die vollkommensten sein, die Wände der Alveolen aber nur aus einem Capillarnetze bestehen, welches blos durch ein Häutchen, das mit der Wand der Capillaren verschmilzt, zusammengehalten wird. Mit dieser Ansicht kann sich *Schröder van der Kolk* (*Nederl. Lancet 3e Serie II.* 15) nicht vereinigen: derselbe sah bei Säugethieren auf Querschnitten ganz deutlich ein dünnes überkleidendes Häutchen auf beiden Seiten der injicirten Blutgefässe. Dass aber auch ein Epithelium auf der freien Fläche vorhanden ist, davon kann man sich nach *Kölliker* an frischen Thierlungen leicht überzeugen. Unter den Englischen Anatomen stimmt *Black* (*Monthly Journ. of med. Sc.* 1853. *p.* 2) nicht mit seinen Landsleuten überein; nach vorgängiger Maceration in Wasser erkannte er das Epithelium auf der Innenfläche der Lungenbläschen. Die rundliche Form der Epithelialzellen, die sich leicht von der Oberfläche trennen und von einander sondern, auch nicht überall unmittelbar an einander stossen, scheint zu der Annahme Veranlassung gegeben zu haben, dass das Epithelium ganz fehle. Mit Recht nehmen aber die genannten Englischen Autoren an, dass in den *Septis* der Alveolen von Säugethieren und Vögeln nur Ein Capillarnetz vorkommt, welches auf beiden Seiten mit der Atmosphäre in Berührung steht.

Zweites Kapitel.

Chemismus der Respiration.

Lavoisier et Séguin in den *Mém. de l'Acad. de Paris pour* 1790. *Paris* 1797.

Humphry und *John Davy*, Physikalisch-chemische Untersuchungen über das Athmen. Aus dem Engl. 1812.

Allen and Pepys, *Philos. Transact. for the years* 1808 *and* 1809.

Magnus, Annalen der Physik und Chemie. Bd. 36. S. 685 u. Bd. 56. S. 177.

Van Enschut, *De respirationis chymismo. Traj. ad Rh.* 1836.

Valentin und *Brunner*, Archiv f. phys. Heilk. Bd. 2.

Scharling, Annalen der Chemie u. Pharmacie. Bd. 45.

Regnault et Reiset, *Recherches chimiques de la respiration des animaux de diverses classes. Paris* 1849.

Baumert, Chemische Untersuchungen über die Respiration des Schlammpeitzgers. Bresl. 1853.

(Die oben genannten Schriften *Vierordt's* handeln auch guten Theils zugleich mit über den Chemismus der Respiration.)

§ 132. Einleitung.

Der Chemismus der Respiration hat die Aufgabe, die Veränderungen zu erforschen, welche das Blut durch die Einwirkung der Atmosphäre erleidet. Um dies zu erforschen, beschränkt man sich nicht auf eine Vergleichung des venösen nach den Lungen strömenden Bluts mit dem arteriellen, welches von dort zurückkehrt; man vergleicht auch die ausgeathmete Luft mit der eingeathmeten, um dadurch über die Vorgänge im Blute Aufschluss zu erlangen. Die letztgenannte Untersuchung unterliegt geringeren Schwierigkeiten als die erstere. Die Kenntniss der Veränderungen, welche

die Luft durch das Athmen erfährt, hat an und für sich keine grosse Bedeutung; sie wird aber dadurch wichtig, dass man daraus auf die Veränderungen des Blutes schliessen und zu einer Theorie der Respiration gelangen kann. — Um die Bedeutung der Respiration für den Lebensprocess überhaupt kennen zu lernen, wird auch untersucht, welchen Einfluss eine ungenügende Zufuhr atmosphärischer Luft und das Einathmen fremdartiger Gase ausübt, was auch in andern Beziehungen von Wichtigkeit ist.

Vierordt nimmt den Chemismus der Respiration in einer weitern Bedeutung, da er auch jene Veränderungen darunter begreift, welche das Arterienblut im Capillarsysteme des grossen Kreislaufes durch den Austausch seiner Gase mit jenen der Ernährungsflüssigkeit erleidet. Diese Erscheinungen stehen aber in so innigem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel in den Geweben, dass wir sie in der Allg. Physiologie näher erörtern werden. Indessen können wir sie hier bei der Lehre vom Athmen nicht ganz übergehen.

Bei der Respiration werden Stoffe aufgenommen und es werden Stoffe aus dem Blute ausgeschieden. In der Allg. Phys. wird manches zur Sprache kommen, was sich auf den Chemismus des Athemholens bezieht; hier bedarf es aber eines Zusammenfassens und einer Combination mit dem Bau der Lungen und mit dem Kreislaufe. In der Allg. Phys. kommt der Chemismus der Respiration als ein Glied in der Kette des Stoffwechsels vor, und hier muss über die Function selbst in ihrem Zusammenhange mit den Organen gehandelt werden.

§ 133. Physikalische und chemische Veränderungen der Luft beim Athmen.

Die ausgeathmete Luft unterscheidet sich in ihren physikalischen Eigenschaften wie in ihrer chemischen Zusammensetzung von der eingeathmeten atmosphärischen Luft.

Zuvörderst hat sie eine höhere Temperatur. Hatte die eingeathmete Luft auch nur eine mässige Wärme, so steht die ausgeathmete kaum unter Blutwärme. — Zweitens hat ihr Wassergehalt in erheblicher Weise zugenommen. Nur selten ist die eingeathmete Luft bei der herrschenden Temperatur mit Wasserdunst gesättigt. Die in den Lungen erwärmte Luft kann natürlich viel mehr Wasser aufnehmen und dessen ungeachtet ist sie manchmal fast damit gesättigt. Bei niedern Temperaturen wird dann auch die ausgeathmete Luft in der Atmosphäre sichtbar, weil sie bei der Abkühlung nicht alles Wasser festzuhalten vermag. — Dass mit der Temperaturerhöhung und dem grossen Wassergehalte auch das Volumen, das specifische Gewicht und die Spannung der ausgeathmeten Luft sich gleichzeitig ändern, bedarf keines besondern Beweises.

Die hauptsächlichste chemische Veränderung der Luft durch den Athmungsprocess besteht in dem Verluste von Sauerstoff und der Aufnahme von Kohlensäure. Nach *Vierordt* enthält beim ruhigen Athmen die ausgeathmete Luft im Mittel 4,334 pCt. Kohlensäure: das Maximum ist nach ihm 6,22 pCt., das Minimum 3,358 pCt. Alles, was auf die Mengen der durch die Lungen ausgeschiedenen Kohlensäure einwirkt, wovon in der Allgem. Physiologie die Rede sein wird, ist auch von Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft. Der Einfluss auf den Kohlensäuregehalt ist jedoch nicht so gross, als jener auf die absolute Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure, weil auch die Menge der ausgeathmeten Luft die gleiche Abänderung erleidet. — Die ausgeathmete Luft enthält bedeutend weniger Sanerstoff. Diese Abnahme ist grösser, als die Zunahme der Kohlensäure, ohne dass sich jedoch ein bestimmtes Verhältniss zwischen beiden erkennen lässt. Dass die Nahrungsstoffe einen bestimmten Einfluss darauf ausüben, das wird in der Allg. Physiologie erörtert werden.

Lange Zeit war man darüber im Ungewissen, ob auch der Stickstoffgehalt beim Athmen eine Veränderung erfährt, ob er abnimmt oder zunimmt. Wenn man in der ausgeathmeten Luft einen grössern Stickstoffgehalt fand, als in der atmosphärischen Luft, so durfte man aus dieser relativen Zunahme doch noch nicht auf eine absolute Zunahme schliessen. Das Volumen der Luft mindert sich durchs Athemholen, wenn man von der Temperatur und vom Wassergehalte absieht, weil mehr Volumina Sauerstoff verschwinden, als Kohlensäuremengen an deren Stelle treten; bliebe also auch die absolute Stickstoffmenge unverändert, so muss doch ein grösserer Gehalt in der ausgeathmeten Luft vorkommen. Mittelbar war die Ausscheidung von Stickstoff durch Lungen und Haut schon seit längerer Zeit wahrscheinlich gemacht; einen directen Beweis haben wir aber erst durch die Untersuchungen von *Regnault* und *Reiset* bekommen. Die Menge des ausgeathmeten Stickstoffs ist jedoch nicht gross: sie fanden bei warmblütigen Thieren im Allgemeinen weniger denn $\frac{1}{100}$ (manchmal nur $\frac{1}{200}$) des verzehrten Sauerstoffs, und niemals mehr denn $\frac{1}{50}$. Sie haben ferner dargethan, dass bei gänzlicher Enthaltung von Nahrung, namentlich bei Vögeln und während des Winterschlafs auch bei Murmelthieren eine gewisse Menge Stickstoff aus der eingeathmeten Luft aufgenommen werden kann. Das Nämliche beobachtete *Baumert* unter gewöhnlichen Umständen beständig bei Fischen, namentlich bei *Cobitis fossilis*.

Endlich hat man Spuren von Ammoniak, von Wasserstoff, von Kohlenwasserstoff und von flüchtigen organischen Stoffen in der ausgeathmeten Luft gefunden.

Im normalen Athmungsprocesse wird also die Luft erwärmt und in der erhöhten Temperatur ziemlich mit Wasserdampf gesättigt, es wird ihr Kohlensäure zugeführt und dafür ein grösseres Volumen Sauerstoff entzogen, und ausserdem wird noch eine wägbare Menge Stickstoff fortgeführt.

Die Temperatur der ausgeathmeten Luft ist von *Brunner* und *Valentin* (Lehrb. d. Phys. Bd. 1. S. 533) untersucht worden. Sie athmeten durch eine Röhre mit einem Mundstücke, worin ein Thermometer befestigt war, und lasen alsbald nach der Anstellung des Versuchs den Stand des Thermometers ab. Das Quecksilber konnte aber doch schon etwas gesunken sein, namentlich bei kalter Temperatur, bevor das Ablesen vollendet war. Wenn nun bei einer Temperatur von 20° C. die ausgeathmete Luft meistens 37,5° zeigte, also die mittlere Körperwärme, bei 3,75° C. nur 30,6° und bei — 6,3° C. nur 29,8° abgelesen wurde, so fragt es sich, ob dieser tiefere Stand wirklich von einer geringern Erwärmung der Luft herrührte, oder von Beobachtungsfehlern, z. B. von einem Sinken des Thermometers, bevor es noch zum Ablesen kam. — Sicherlich darf man nicht annehmen, dass die Luft in den Lungenbläschen, auch bei sehr kalter Temperatur, erheblich unter Blutwärme steht.

Ueber den Wasserverlust durch die Lungen wird in der Allg. Physiologie die Rede sein, und es wird sich herausstellen, dass die Luft für den Temperaturgrad, den sie angenommen hat, ungefähr mit Wasserdämpfen gesättigt ist. Lässt man den Athem an ein kaltes Glas streichen, dann kann man die aus den Lungen ausgetretenen Wasserdämpfe bequem als Tropfen auffangen.

Um die Ausstossung von Kohlensäure darzuthun, braucht man nur mittelst einer gläsernen Röhre in ein Glas mit Kalkwasser zu athmen; das Kalkwasser trübt sich schnell durch Bildung kohlensauren Kalkes. Die meisten Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Exspirationsluft und über den Einfluss verschiedenartiger Umstände darauf verdanken wir *Vierordt;* davon wird in der Allg. Phys. gehandelt. Von *Becher's* Resultaten, die auf einem andern Wege erhalten wurden, ist im folgenden Paragraphen die Rede.

In Betreff der Volumina der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verschwindenden Sauerstoffs berechnet sich aus *Barral's* indirecten Versuchen ein Verhältniss von 100 : 112,3 bis 121. Dieses Verhältniss hält das Mittel zwischen dem, was man für Pflanzenfresser und für Fleischfresser gefunden hat. *Valentin* und *Brunner* schlossen aus ihren Versuchen, dass zwischen den Volumina des eingeathmeten Sauerstoffs und der ausgeathmeten Kohlensäure eine bestimmte Proportion bestände, die sich nach *Graham's* Diffusionsgesetz richtete, also umgekehrt proportional wäre den Quadratwurzeln aus der Dichtigkeit jener Gase: 100 Volumina ausgeathmete Kohlensäure sollten 117,42 Volumina Sauerstoff fordern. Dem ist aber von verschiedenen Seiten widersprochen worden. *Donders* (Holländ. Beiträge Bd. 1. S. 269) wies nach, dass die physikalischen Bedingungen zur Anwendung des Diffusionsgesetzes nicht vorhanden seien; denn es könne nur dann von Diffusion die Rede sein, wenn die auf beiden Seiten freien und durch ein trockenes *Septum* geschiedenen Gase unter dem gleichen Drucke stehen u. s. w. Er wies ferner darauf hin, dass die Annahme einer bestimmten Proportion unserer Kenntniss des Stoffwechsels widerspricht: die Proportion wird nämlich von der Sauerstoffmenge abhängen, welche nicht zur Kohlensäurebildung gedient hat, und da dies von der Zusammensetzung der Nahrungsmittel bedingt ist, namentlich von jenem Wasserstoffgehalte, wofür in den Nahrungsmitteln selbst kein Sauerstoffäquivalent vorkommt, so wird die eingeführte Nahrung die Proportion bestimmen, in welcher die genannten Gase wechseln, — ein Satz, der sich schon aus den Versuchen von *Dulong* und *Despretz* ableiten liess, die bei fleischfressenden Thieren einen verhältnissmässig grössern

Sauerstoffverbrauch nachwiesen. Er bewies endlich, dass die Versuche von *Valentin* und *Brunner* nur in Folge einer falschen Rechnung einigermaassen für eine constante Proportion zu sprechen schienen. — Durch die klassischen Untersuchungen von *Regnault* und *Reiset* ist die Richtigkeit dieser Anschanungsweise auf experimentellem Wege mehr festgestellt worden. Diese fanden die Voraussetzung bestätigt, dass die Proportion zwischen diesen Gasen eher durch die Art der Nahrungsmittel als durch die Thierklasse bestimmt wird. Bei vegetabilischer Nahrung wird das Kohlensäurevolumen verhältnissmässig grösser, und bei animalischer Nahrung sinkt es auf 62—80 Volumina für 100 Volumina Sauerstoff herab. Bei dem nämlichen Thiere kann es von 62 bis 104 wechseln, es kann also auch vorkommen, dass die Kohlensäuremenge jene des Sauerstoffs etwas übertrifft. Hungernde Thiere, welche vom eignen Körper zehren, verhalten sich gleich wie fleischfressende Thiere. Bei den Versuchen mit Fischen beobachtete *Baumert* eine verhältnissmässige Zunahme der ausgeathmeten Kohlensäure, die zuletzt die Sauertoffmenge übertraf, wenn kein Luftzutritt stattfand und Athemnoth eintrat.

Erheblich ist die Gewichtszunahme, welche *Sacc* bei winterschlafenden Murmelthieren fand und von der sich *Regnault* und *Reiset* an den ihnen übersandten Thieren überzeugten. Während des Winterschlafs ist die Sauerstoffconsumtion sehr gering; die Kohlensäureproduction hat aber verhältnissmässig noch mehr abgenommen, so dass auf 100 Volumina Sauerstoff nur 40 Volumina Kohlensäure kommen, und merkwürdiger Weise steht der Verlust an Kohlensäure und Wasser zusammen noch niedriger als die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs, weshalb die Thiere an Gewicht gewinnen, obwohl sie keine Nahrung aufnehmen. Man kann sich dies nur dadurch erklären, dass mehr oxydirte Verbindungen entstehen, die im Organismus zurückbleiben. — Beim Erwachen tritt sogleich eine sehr lebhafte Respiration ein, und binnen $\frac{3}{4}$ Stunden verbrauchte ein Murmelthier jetzt halb so viel Sauerstoff, wie in den vorhergehenden 76 Stunden.

Ueber die Stickstoffausscheidung ist die Allg. Physiologie zu vergleichen.

§ 134. Untersuchung der ausgeathmeten Luft.

Auf verschiedene Weise hat man die ausgeathmete Luft zum Behuf der Untersuchung gesammelt. Meistens athmete man durch ein Mundstück aus; dabei wird aber die Respiration, auf welche jetzt die Aufmerksamkeit gerichtet ist, leicht zu lebhaft, und hierdurch werden die Veränderungen in der ausgeathmeten Luft zu gering ausfallen, die absolute Menge der in einer bestimmten Zeit ausgeathmeten Kohlensäure dagegen wird sich bei der Berechnung zu hoch stellen. Wir wollen indessen gern annehmen, dass *Vierordt* durch längere Uebung eine Abänderung seiner Respiration zu vermeiden gelernt hat. Zur Bestimmung der absoluten Menge ausgeathmeter Kohlensäure würden wir jedoch *Scharling's* Methode den Vorzug geben, wobei die Person in einen hermetisch verschlossenen Kasten kommt, der mit Röhren versehen ist, durch welche die atmosphärische Luft zugeführt wird, nachdem sie durch Schwefelsäure und durch Kali gestrichen ist, und aus dem auf der andern Seite die Luft durch einen Aspirator ausgeführt wird.

Durch diese Methoden konnte aber das vorgesteckte Ziel nicht ganz erreicht werden. Bei Berechnung des absorbirten Sauerstoffs

und der ausgeschiedenen Kohlensäure musste man annehmen, dass entweder das Luftvolumen unverändert geblieben war, oder dass der Stickstoff nicht zu- und nicht abgenommen hatte, und zu keiner dieser beiden Annahmen war man berechtigt. Auch war bei diesen Methoden nicht zu ermitteln, welche Rolle der Stickstoff der Atmosphäre beim Athmen spielt. Bringt man Thiere in einen verschlossenen Raum, so ändert sich sehr bald die Zusammensetzung der Luft und dadurch kann auch der Respirationsprocess eine Abänderung erfahren; aus der Untersuchung des Stickstoffgehalts, der überdiess in so kurzer Zeit keine auffallenden Veränderungen erfahren konnte, war daher nichts zu erschliessen.

Regnault und *Reiset* haben alle diese Schwierigkeiten überwunden. Sie brachten die Thiere in einen geschlossenen Raum, aus dem durch einen sinnreich ausgedachten Mechanismus die Kohlensäure, so wie sie sich bildet, ausgeführt und absorbirt wird, und der sich dann unmittelbar mit neuem Sauerstoffe füllt; so konnten die Thiere 24 Stunden und länger in diesem Raume verweilen, und die bekannte Stickstoffmenge erfuhr keine andern Veränderungen, als jene, welche im Athmungsprocesse selbst begründet sind. Sie bestimmten also in dem nämlichen Versuche nicht nur die Mengen des absorbirten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure, sondern auch, welche Veränderungen mit dem Stickstoffe vorgegangen waren. Dadurch wurde nun nicht blos der Beweis geliefert, dass unter normalen Verhältnissen Stickstoff ausgeathmet wird, sondern es war auch zugleich die Möglichkeit gegeben, da die Veränderung des Stickstoffvolumens bekannt war, die absorbirte Sauerstoffmenge und die ausgeschiedene Kohlensäuremenge genau zu berechnen. Der alleinige Vorwurf, den man dieser Methode machen kann, ist die mässige Zunahme des Stickstoffgehalts, und dass die von den Thieren geathmete Luft mit Wasserdampf gesättigt ist. Sie bezieht sich ferner gleichzeitig auf den Gasaustausch in den Lungen und in der Haut. Beim Menschen sind noch keine Versuche nach der Methode von *Regnault* und *Reiset* ausgeführt worden, auch wohl kaum möglich.

Zu *Baumert's* Versuchen bei Fischen wurde auch eine bestimmte Luftmenge genommen, und bei *Cobitis fossilis* mit der Darmathmung wurde zugleich die Luft erneuert.

Einen eigenthümlichen Weg hat *Becher* eingeschlagen: er sucht nämlich die Spannung der im Blute enthaltenen Kohlensäure zu bestimmen. Nach vorgängiger möglichst tiefer Exspiration

inspirirt er so tief als möglich, behält die eingeathmete Luft 60 Secunden lang in den Lungen, und bestimmt den Kohlensäuregehalt der alsdann ausgeathmeten Luft. Dieser Gehalt kann einigermaassen als Maassstab dienen für die von einer bestimmten Person unter verschiedenen Umständen innerhalb eines bestimmten Zeitraums erzeugten Kohlensäuremenge; er giebt aber unseres Erachtens keinen Maassstab, ja nicht einmal einen relativen Maassstab ab für die Spannung der Kohlensäure im Blute.

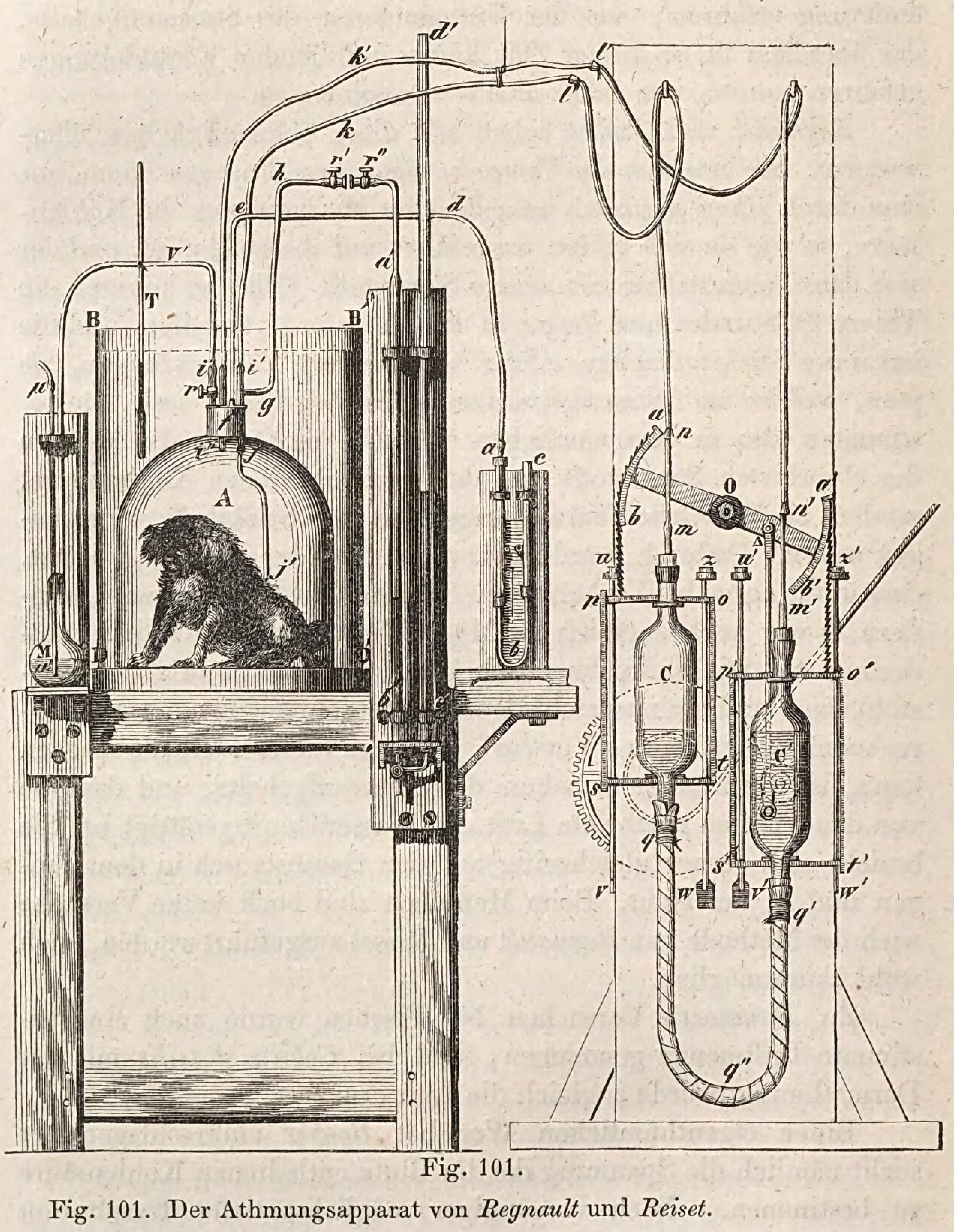


Fig. 101.

Fig. 101. Der Athmungsapparat von *Regnault* und *Reiset*.

Zum Apparate von *Regnault* und *Reiset* (Fig. 101) gehören 3 Theile: 1) Ein gläserner Behälter *A*, in welchen das zum Versuche benutzte Thier eingeschlossen wird. 2) Ein Recipient oder Condensator *CC'* für die entwickelte Kohlensäure. 3) Eine grosse Flasche oder auch mehrere, mit Sauerstoff gefüllt, welcher durch eine mit dem Boden der Flasche communicirende Säule einer Chlorkalksolution dem Drucke einer Atmosphäre ausgesetzt ist, also ausgetrieben wird und durch die Röhre *v' i'* in den Glasbehälter *A* übertritt, sobald hier durch Absorption der Druck niedriger ist als eine Atmosphäre. (Dieser letzte Theil des Apparates ist in der Abbildung weggelassen, weil er nicht durchaus unerlässlich zum Verständnisse ist.)

Die Glasglocke *A* für das eingeschlossene Thier fasst ungefähr 45 Liter Luft. Sie wird luftdicht auf einen metallenen Boden (*DD'*) befestigt, der unten mit einem Schieber versehen ist, wodurch das Thier eingebracht werden kann. Um einer Abkühlung des Thieres durch das kalte Metall zu begegnen, liegt noch ein mit Löchern versehenes Brettchen darauf, auf welches das Thier unmittelbar kommt. Ueber diese Glasglocke kommt noch ein zweiter gläserner Cylinder (*BB' DD'*), der ebenfalls luftdicht auf dem Metallboden steht. Darin giebt ein Thermometer (*T*) die Temperatur an.

Mehrere Röhren treten durch die Oeffnung der Glasglocke und communiciren mit deren Höhlung. Die Röhre *f e d a* steht mit einem Quecksilbermanometer (*b*) in Verbindung, wodurch die Spannung der Luft im Innern der Glocke abgelesen werden kann. Die Röhren *j' j i k l* (sie reicht bis unten an die Glocke) und *i'' k' l'* stehen mit den Kohlensäurerecipienten *C* u. *C'* in Verbindung. Die erstere von den beiden letztgenannten Röhren kann ausserdem noch durch die Röhre *gh* bei *r' r''* willkürlich mit dem Manometer *a' b' c'* in Communication gebracht werden. Dadurch wird es möglich, in jedem Augenblicke während der Versuchszeit einen Theil der in der Glocke enthaltenen Luft zu analysiren. Die Röhre *ri' v'* läuft in ein theilweise mit Chlorkalksolution gefülltes Fläschchen (*M*) und nimmt den Sauerstoff auf, welcher durch die Röhre *μu'* aus den (nicht mit abgebildeten) grossen sauerstoffhaltigen Flaschen zugeführt wird.

Die Kohlensäurerecipienten sind 2 gläserne Cylinder *C* u. *C'* von etwa 3 Liter Capacität, die nach unten durch eine Kautschukröhre *qq'' q'* mit einander verbunden sind, nach oben aber durch die Röhren *ml* und *m' l'* jeder für sich mit der Glasglocke *A* communiciren. Es enthalten diese Recipienten etwa 3 Liter reine Kalisolution. Sie sind in eine bequeme Vorrichtung eingepasst, so dass sie durch das Steigen und Senken eines Schwengels (*ab* u. *a' b'*), der mit einem Uhrwerke verbunden ist, wechselsweise gehoben werden und wiederum sinken. In dem gerade höher stehenden Recipienten (*C*) muss nun die Flüssigkeit sinken und aus der Glocke *A* muss Luft hinzutreten, welcher die Kohlensäure durch die Kalilösung entzogen wird. Kommt aber hierauf der Cylinder *C* tiefer zu stehen, als der Cylinder *C'*, so füllt er sich wiederum mit der Kalisolution, und die Luft, welcher die Kohlensäure entzogen worden ist, wird durch *j'* wiederum in die Glocke *A* zurückgetrieben.

Der solchergestalt eingerichtete Apparat wird folgendermaassen benutzt. Nachdem gleich Anfangs die gläserne Glocke befeuchtet worden ist, wird das Thier mit einer bestimmten Futtermenge durch die Schieberöffnung in der Metallplatte in die Glocke eingebracht; hierauf wird durch eine grosse Luftpumpe ein starker Strom von atmosphärischer Luft eingetrieben und der Schieber hermetisch geschlossen. Ist dies geschehen, so wird nun auf der einen Seite Sauerstoff zugeführt, während auf der andern Seite die Kohlensäurerecipienten durch das Uhrwerk in Thätigkeit kommen.

Der Versuch kann längere Zeit fortgesetzt werden und zwar so lange, als die im Voraus genau bestimmte Sauerstoffmenge ausreicht. Die ausgeathmete Kohlensäure wird fortwährend in den Recipienten *C* u. *C'* absorbirt, und der durchs Thier verbrauchte Sauerstoff wird durch neuzugeführten ersetzt. Am Ende des Versuchs, aber auch schon während des Versuchs wird die Analyse der in der Glocke vorhandenen Luft als genauester Maassstab der durch die Respiration hervorgerufenen Veränderungen benutzt werden können.

Die Temperatur und die Tension der Luft in der Glocke sollen am Ende des Versuchs noch die gleichen sein, wie zu Anfang desselben. Um die gleiche Tension zu erhalten, wird ein kleiner Ueberschuss von Sauerstoff zugeführt, hierauf die fernere Zufuhr behindert und der Versuch abgebrochen, wenn die vorhandene Tension mit der ursprünglichen zusammenfällt. Ist die absolute Stickstoffmenge die nämliche geblieben, so werden die Stickstoffprocente in der Flasche am Ende des Versuchs keine Veränderung erlitten haben. Aus dem relativen Verhältnisse kann man also hier auf das absolute Verhältniss schliessen.

Die verbrauchte Sauerstoffmenge ergiebt sich, wenn man den noch vorhandenen Sauerstoff von der ursprünglichen Quantität desselben abzieht. Die Kohlensäurerecipienten, in denen auch ein grosser Antheil Wasser aufgenommen wird, liefern das Material zu Analysen, um die Menge der gebildeten Kohlensäure zu bestimmen.

Die Untersuchungen *Becher's* (Die Kohlensäurespannung im Blute als proportionales Maass des Umsatzes der kohlenstoffhaltigen Körper und Nahrungsbestandtheile. Zürich 1855) wurden von *Funke* (*Schmidt's* Jahrb. 1855. Bd. 86. S. 296) und in *Ludwig*'s Physiologie besprochen. *Becher* geht von dem Satze aus, eine kohlensäurehaltige Flüssigkeit, die sich in einem geschlossnen und anfänglich kohlensäurefreien Raume befindet, werde so lange Kohlensäure abgeben, bis die Kohlensäurespannung in der Flüssigkeit und in jenem Raume einander gleich sind, und man brauche also nur die Kohlensäure in dem Raume zu bestimmen, um das Maass derselben in der Flüssigkeit zu kennen. Mit einer Auflösung von doppelt kohlensaurem Natron hat er darüber schon einige Versuche angestellt (*Ludwig's* Physiologie S. 327), welche darthun, dass der Werth dieser Spannkraft mit dem Gehalte der Lösung an doppelt kohlensaurem Natron und mit der Temperatur steigt, und dass die Geschwindigkeit des Kohlensäurestroms, welcher aus der Lösung hervorgeht, direct proportional ist dem Unterschiede der Kohlensäurespannung in der Lösung und in dem überstehenden Luftraume.

Wäre es nun möglich, dass die Luft in den Lungen so viel Kohlensäure aufnähme, um mit der Kohlensäure im Blute gleiche Spannung zu erlangen, und könnte ausserdem die Kohlensäurespannung im Blute während des Versuches unverändert sich erhalten, so würde man allerdings die Spannung im Blute kennen lernen. Keiner dieser beiden Bedingungen jedoch vermochte *Becher* zu genügen. Bleibt die eingeathmete Luft zu kurze Zeit in den Lungen, dann wird ihre Kohlensäure noch nicht den Spannungsgrad angenommen haben, welchen die Kohlensäure des Blutes besitzt, wird sie dagegen länger zurückgehalten, dann kann die genannte Spannung im Blute inzwischen zugenommen haben, und die Spannung in der Lungenluft wird zuletzt die primitive Spannung im Blute sogar übertreffen können. — Der Kohlensäuregehalt der Luft, welche bei *Becher's* Versuchen ausgeathmet wurde, wird auch nicht einmal die relative Spannung der Kohlensäure im Blute unter verschiedenen Umständen angeben. Die Geschwindigkeit des Blutstroms und die durch den Versuch mehr oder weniger erzeugte Behinderung der Herzthätigkeit und des Kreislaufs werden die Menge der in 60 Secunden ausgeathmeten Kohlensäure modificiren, und es wird also diese nicht ausschliesslich durch die Spannung der im Blute enthaltenen Kohlensäure bestimmt. — Eher möchten die *Becher*'schen Zahlen zu den Kohlensäuremengen in Beziehung stehen, welche in einer Zeiteinheit im Körper entwickelt werden, weil die Geschwindigkeit der Blutbewegung durch die Lungen als Factor darin vorkommt. Sie können indessen zu dieser Bestimmung nur mit einem gewissen Vorbehalte für die nämlichen Personen unter verschiedenartigen Umständen benutzt werden, wie es auch bei *Becher* geschieht; denn es steht fest, dass die Herzthätigkeit durch den Versuch (60 Secunden anhaltendes möglichst tiefes Inspiriren) eine Veränderung erleidet, die wohl bei verschiedenen Personen verschiedenartig ausfällt, und dass folglich auch die Menge und die Spannung des durch die Lungen strömenden Blutes bei verschiedenen Personen ungleiche Veränderungen erleiden werden. Strömt weni-

ger Blut unter einem niedrigern Drucke durch die Lungen, dann wird auch die Kohlensäureausscheidung für jenen Zeitraum niedriger ausfallen. — Die Luft wurde übrigens bei *Becher's* Versuchen in dem Gasometer von *Despretz* und *Doebereiner* aufgefangen. (S. *Ludwig's* Physiologie S. 321.)

§ 135. Arterielles und venöses Blut; Theorie der Respiration.

Im § 133 wurde angegeben, worin die ein- und ausgeathmete Luft von einander verschieden sind. Was zu der Luft hinzugetreten ist, das wurde dem Blute entzogen; was aus der Luft verschwunden ist, das ist ins Blut übergegangen. Jetzt haben wir das venöse und arterielle Blut mit einander zu vergleichen, um zu erfahren, wie die ausgeschiedenen Substanzen im Blute enthalten waren oder sich bildeten, und in welche Beziehung der aufgenommene Sauerstoff zum Blute tritt. Auf diesem Wege können wir zu einer Theorie der Respiration kommen, die von den Veränderungen des Blutes durch den Einfluss der atmosphärischen Luft Rechenschaft geben muss.

In der Allg. Phys. werden arterielles und venöses Blut mit einander verglichen. Es wird dort umständlich nachgewiesen, dass sowohl im luftleeren Raume als durch Schütteln mit verschiedenen Gasarten die nämlichen Gase aus dem arteriellen und aus dem venösen Blute austreten, nämlich Stickstoff, Kohlensäure (*van Enschut*) und auch Sauerstoff (*Magnus*), dass die absolute Menge der im Blute enthaltenen Gase nicht genau bekannt ist, dass aber die Luft aus dem venösen Blute Sauerstoff in verhältnissmässig geringerer Menge, Kohlensäure in verhältnissmässig grösserer Menge enthält, als die Luft aus dem arteriellen Blute. Wir nehmen ferner an, der Stickstoff sei nur einfach im Blute gelöst, Sauerstoff und Kohlensäure dagegen seien zum Theil gelöst, zum Theil chemisch gebunden, so zwar, dass die einmal absorbirten Mengen durchs Schütteln mit einem andern Gase nicht wieder vollständig ausgetrieben werden. Sodann werden wir auch sehen, dass die Farbenveränderungen des Blutes durch Einwirkung von Sauerstoff und Kohlensäure kein Recht dazu geben, eine chemische Veränderung des Farbstoffes anzunehmen. Kennten wir nun ausserdem noch mit Sicherheit die Temperaturdifferenz zwischen dem venösen Blute, welches nach den Lungen strömt, und dem arteriellen, welches von den Lungen kommt, so würden wir die wichtigsten Thatsachen vereinigt haben, auf welche eine Respirationstheorie sich gründen muss.

An die Entdeckung des Sauerstoffs knüpfte *Lavoisier* seine in der Hauptsache richtige Athmungstheorie, welche auf die Aufnahme von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser hinauslief. Willkürlich jedoch war die Annahme, dass in den Lungenbläschen eine Flüssigkeit ausschwitzte, die reich wäre an Kohlenstoff und an Wasserstoff, und die sich hier mit dem Sauerstoffe zu Kohlensäure und zu Wasser verbinden sollte, um, gleich dem einfach verdunstenden Wasser, ausgeathmet zu werden. *Humphry Davy* liess die Luft bis zum Blute gelangen: durch Verwandtschaft des Sauerstoffs zu den Blutkörperchen sollten diese zersetzt und es sollte Kohlensäure gebildet werden, welche unmittelbar mit dem grössern Theile des Stickstoffs austräte. Diesen beiden Theorien fehlt aber eine richtige Basis und sie werden schon durch die Bemerkung widerlegt, dass dann die Wärmeentwickelung fast ausschliesslich auf die Lungen verwiesen sein würde. — *Gmelin* ferner hatte die Ansicht, der Sauerstoff werde ins Blut aufgenommen und diene zur Entwickelung organischer Säuren, wodurch die kohlensauern Verbindungen im Blute zersetzt würden und Kohlensäure sich entwickelte.

Inzwischen war man bemüht, das Blut auf die darin enthaltenen Gase zu untersuchen, wobei sich aber zuerst einander widersprechende Resultate ergaben. Als nun aber *Magnus* mit Sicherheit nachgewiesen hatte, dass aus dem venösen wie aus dem arteriellen Blute Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff erhalten werden können, so baute er hierauf die sogenannte mechanische Respirationstheorie, also genannt im Gegensatze zu den chemischen Theorien. Nach dieser Theorie soll in den Lungen keine Kohlensäure austreten ausser jener, welche schon fertig mit dem Venenblute zugeführt wurde, und der Sauerstoff soll sich nur im Blute auflösen, ohne zugleich darin eine chemische Rolle zu spielen. Der Respirationsprocess in den Lungen soll demnach auf einen physikalischen Gasaustausch hinauslaufen, und erst im Capillarsysteme des grossen Kreislaufs soll sich durch chemische Umwandlung Kohlensäure (und Wasser) bilden oder aus der Ernährungsflüssigkeit hinzutreten, um in den Lungen zu entweichen und neuem Sauerstoffe Platz zu machen.

Das Vorkommen von Gasen im Blute macht schon einen Austausch mit der in den Lungenbläschen enthaltenen Luft nöthig, und das Ueberwiegen der Kohlensäure im venösen, des Sauerstoffs im arteriellen Blute harmonirt mit der mechanischen Respirations-

theorie. Es folgt aber hieraus noch nicht, dass der ganze Respirationsprocess daselbst auf diesen Austausch sich beschränkt. Zuvörderst ergiebt sich schon aus der Menge von Sauerstoff und Kohlensäure, die im Blute gelöst sind, dass dieselben durch eine chemische Kraft zurückgehalten werden, und es steht fest, dass die Kohlensäure, die auch in ungewöhnlicher Menge im Blute sich löst, durch Alkalien, namentlich durch kohlensaure und phosphorsaure Alkalien festgehalten wird, der Sauerstoff dagegen vornehmlich durch die Bestandtheile der Blutkörperchen; es kann also auch die Theorie von *Magnus* die chemische Wirksamkeit nicht gänzlich ausschliessen. Ueberdies giebt es Gründe für eine chemische Umwandlung des Blutes in den Lungen: 1) Nicht aller Sauerstoff, welcher durch Schütteln ins Blut aufgenommen wird, kann durch ein anderes Gas wiederum ausgetrieben werden. 2) Der Sauerstoff kann sich chemisch mit einzelnen Bestandtheilen des Blutes verbinden, namentlich mit dem Faserstoffe, und dies kann auch in den Lungen nicht wohl ausbleiben.

Die wahrscheinlichste Respirationstheorie ist demnach eine gemischte und läuft auf folgende Punkte hinaus: 1) Es findet ein Austausch statt zwischen Sauerstoff und Kohlensäure, so wie ein Abdunsten von Wasser, ausserdem auch noch ein Austreten von Stickstoff in dem Falle, dass das zugeführte Blut, weil sich Stickstoff im Organismus entwickelte, mehr davon enthält, als es unter der Spannung der Stickstoffatmosphäre in den Lungen führen kann. 2) Die ausgeschiedene Kohlensäure wird zum Theil so, als wäre sie in Wasser gelöst, den Lungen zugeführt, zum Theil tritt sie aus den losen Verbindungen mit Alkalien und andern Substanzen aus, was schon durch den Zutritt von Sauerstoff geschehen kann, endlich wird sie auch wahrscheinlich zu einem kleinen Theile in den Lungen selbst gebildet und ohne Weiteres ausgestossen. 3) Der Sauerstoff ist zuerst gelöst und fängt alsbald an, sich chemisch zu verbinden, theils mit Proteinverbindungen und andern zusammengesetzten Substanzen, theils wohl auch mit solchen Bestandtheilen, welche bei dieser Oxydation unmittelbar Kohlensäure und Wasser liefern.

In dem zuströmenden venösen Blute ist die Spannung des Sauerstoffes niedriger, jene der Kohlensäure höher, als in den Lungenbläschen. Deshalb wird Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure ausgeschieden. Ob die Zeit, während welcher das Blut in den Lungen verbleibt, ausreicht, um die Spannung seiner Gase mit jener der Luft in den Lungenbläschen ganz ins Gleichgewicht zu

bringen, das ist nicht ausgemacht. Die chemische Anziehung einzelner Blutbestandtheile ist die Ursache, dass das enthaltene Volumen der genannten Gase unter einer verhältnissmässig geringen Spannung steht. Uebrigens wird das Entweichen jeder Gasart wahrscheinlich nur durch eine gewisse Spannung des nämlichen Gases in den Lungenbläschen behindert.

Die Oxydation oder Umwandelung durch den Sauerstoff erfolgt sehr langsam, so dass das Venenblut, welches zu den Lungen zurückströmt, selbst noch ziemlich viel Sauerstoff aufgelöst enthält. Es kann deshalb überall im Blute Oxydation und Umwandelung durch den Sauerstoff stattfinden. Das Nämliche geschieht in der sauerstoffhaltigen Ernährungsflüssigkeit der Gewebe, und während das Blut durchs Capillarsystem des grossen Kreislaufs geht, werden die Gase des Blutes und der Ernährungsflüssigkeit ausgetauscht werden; gerade deshalb ereignen sich hier die bedeutendsten Veränderungen mit den Gasen des Blutes. — Im Blute selbst kann man im Allgemeinen eine stärkere Oxydation und Umwandelung da annehmen, wo der Sauerstoff in grösster Menge gelöst ist, also im Capillarsysteme der Lungen, und von hier an wird dies in der Bahn des Blutes allmählig abnehmen, bis dasselbe wiederum das Lungencapillarsystem erreicht. Die Möglichkeit übrigens, dass im Capillarsysteme des grossen Kreislaufs die chemische Action durch den Einfluss des Nervensystems erhöht werde, und dass sie dadurch gerade hier in den Vordergrund trete, lässt sich nicht läugnen.

Nachdem *Magnus* gefunden hatte, dass die im luftleeren Raume aus Venenblute erhaltenen Gase reicher an Kohlensäure sind, jene aus Arterienblute dagegen reicher an Sauerstoff, so wurde er zu der exclusiv mechanischen Respirationstheorie verführt, von welcher oben die Rede war. Aehnliche Theorieen finden sich schon früher bei *Lagrange* und bei *Hassenfratz*, nur fehlte der experimentelle Beweis. Mit Recht hob indessen *Gay-Lussac* (*Ann. de Chimie et de Physique* 1844. *T.* 2) hervor, dass durch die Versuche von *Magnus* die Richtigkeit jener Theorie auch noch nicht vollständig dargethan sei. Hierzu wäre der Beweis nöthig gewesen, dass das Venenblut, welches innerhalb eines bestimmten Zeitraums durch die Lungen geht, das Arterienblut gerade um so viel an Kohlensäure übertrifft, als in dieser Zeit ausgeschieden wird; *Magnus* selbst aber erhielt unter gleichen Umständen im luftleeren Raume aus dem Venenblute sogar absolut weniger Kohlensäure als aus dem Arterienblute. Nur hinsichtlich dieses letztern Punktes hat sich *Magnus* dahin ausgesprochen, dass in keinem Falle die absolute Kohlensäuremenge in Betrachtung komme, weil bei seinen Versuchen nur ein kleiner Theil der Blutgase, bald mehr bald weniger, frei wurde. Es bleibt aber jedenfalls bemerkenswerth, dass unter gleichen Umständen aus venösem Blute weniger Kohlensäure erhalten wurde, und *Mulder* (Physiologische Chemie S. 1171) sagt: Wäre der Sauerstoff als Gas in dem arteriellen und die Kohlensäure als Gas in dem venösem Blute aufgelöst, dann müsste das arterielle viel mehr Sauerstoff, das venöse viel mehr Kohlensäure bei den Versuchen von *Magnus* gegeben haben. *Magnus* hat aber seine Ansicht durch neue Gründe zu stützen gesucht. In seiner zweiten Ab-

handlung weist er nach, dass, wenn Blut abwechselnd mit Sauerstoff und mit Kohlensäure geschüttelt wird, zu wiederholten Malen der aufgenommene Sauerstoff durch die Kohlensäure, die aufgenommene bedeutende Kohlensäuremenge durch den Sauerstoff verdrängt wird, und hieraus zieht er den Schluss, dass diese Gase nur im aufgelösten Zustande in dem Blute enthalten sein können, und nicht chemisch gebunden. Die grosse Menge von Gasen jedoch, namentlich von Kohlensäure und von Sauerstoff, welche ins Blut aufgenommen wird, spricht dafür, dass eine chemische Action dieses Zurückhalten bedingt, wenngleich sie zum Theil einander zu ersetzen vermögen, und wie man sich dies vorzustellen habe, darüber haben *Marchand* (Journ. f. prakt. Chemie Bd. 35. 1845), *Liebig* (Chemische Briefe 3. Aufl. 1851. S. 387) und besonders *Mulder* (Phys. Chemie S. 1168—1198) gehandelt. Ueberdies ist auch die Beweiskraft dieser Versuche gegenüber der unmittelbaren chemischen Umwandelung im Blute durch *Mulder* (Holländ. Beiträge Bd. 1. S. 20) entkräftet worden. Dieser hebt hervor, dass *Magnus* niemals allen aufgenommenen Sauerstoff durch die Kohlensäure, oder alle Kohlensäure durch den Sauerstoff auszutreiben im Stande war, so dass es weit eher den Anschein gewinnt, als sei ein Theil dieser Gase chemisch gebunden worden. *Magnus* giebt an, was auch wir (*Lespinasse* und *Reneman* in *Nederl. Lancet 2e Serie VI.* 389) bestätigen konnten, dass die Farbenänderung dabei fast unzählige Male eintritt, und es geschieht dieses, ohne dass, wie nach den Versuchen von *Harless* zu vermuthen wäre, die Blutkörperchen verändert oder aufgelöst werden. Hierauf beruft sich auch *Magnus* als einen Gegenbeweis der chemischen Theorie. Wenn wir nun auch zugaben, dass die Farbenänderungen nur dem physikalischen Gasaustausche zuzuschreiben seien, so hindert doch nichts, dass daneben auch noch eine chemische Action stattfindet, wenn diese auch auf die Farbenänderung ohne bestimmten Einfluss ist. Die Farbenänderungen des Blutes sind also weder für die chemische noch für die mechanische Respirationstheorie entscheidend. (S. Allg. Phys.) Andere Gründe, welche *Magnus* gegen die chemischen Theorieen aufgestellt hat, wurden im Besondern von *Schlossberger* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 5. S. 271) einer kritischen Prüfung unterworfen. Ein gewichtiger Grund gegen die mechanische Respirationstheorie, auf welchen schon früher von *Donders* (*Blik op de stofwisseling, als bron der eigene warmte van planten en dieren. Utrecht* 1845. *p.* 32) aufmerksam gemacht wurde, schien die höhere Temperatur zu sein, welche das Blut in den Lungen nach allen früheren Untersuchungen besitzen sollte. Bestätigen sich nun aber die Angaben von *G. Liebig* (Ueber den Temperaturunterschied des venösen und arteriellen Blutes. Giessen 1853), und von *Bernard* und *Walferdin* (s. *Gavarret, de la chaleur produite par les êtres vivants. Paris* 1855. *p.* 110), die das Blut in der rechten Herzhälfte wärmer fanden als in der linken, dann fällt dieser Grund weg und wir müssen zu dem Schlusse kommen, dass die chemische Wirkung in den Lungen selbst sehr zurücktritt. Ausserdem hat *Marchand* (Journ. f. prakt. Chemie Bd. 35. S. 385) nachgewiesen, dass defibrinirtes Blut, dem unter der Luftpumpe nach Durchleitung von Wasserstoffgas seine Kohlensäure entzogen wurde, keine Spur von Kohlensäure entwickelt, wenn Sauerstoff durch dasselbe geleitet wird. Wenn nun auch die Beweiskraft dieses Versuchs dadurch etwas geschmälert wird, dass defibrinirtes Blut mit warmem lebendem Blute, welches durch die Lungen strömt, nicht gleich gestellt werden kann, so ist er doch wohl geeignet, gegen eine hervortretende chemische Action in den Lungen Zweifel zu erheben. Wie die Gesetze des physikalischen Gasaustausches Anwendung finden, hat *Ludwig* (Lehrb. d. Phys. Bd. 2) auf klassische Weise aus einander gesetzt.

Wollte man gegen eine continuirliche chemische Umwandelung und Bildung von Kohlensäure im Blute anführen, dass das Arterienblut überall sich gleich ist, so müssen wir hiergegen geltend machen, dass in den grössern Stämmen, aus denen man arterielles Blut bekommen kann, die Blutbewegung eine ungemein rasche ist, und dass kleine Abänderungen, die in diesem Verlaufe eintreten, nicht leicht der Wahrnehmung zugänglich sind. Dabei steht es fest, dass im Capillarsysteme des grossen Kreislaufs, wo das Blut langsam

strömt und mit der Ernährungsflüssigkeit in Beziehung tritt, dasselbe bei weitem die stärkste Veränderung erleidet.

Nach dem hier kurz Mitgetheilten glauben wir zu der gemischten Respirationstheorie, von der oben gesprochen wurde, berechtigt zu sein.

Ein neues chemisches Moment ist übrigens vor nicht langer Zeit von *Verdeil* und *Robin* geltend gemacht worden. Es will nämlich *Verdeil* (*Comptes rendus* 1851. *T.* 33. *p.* 604) im Lungenparenchyme eine organische krystallinische Säure gefunden haben, die er Lungensäure (*Acidum pneumonicum*) nannte. Aus beiden Lungen einer gesunden enthaupteten Frau erhielt er 5 Centigr. Die saure Reaction des Lungenparenchyms rührt davon her. *Verdeil* und *Robin* (*Traité de Chimie anatomique et physiologique. Par.* 1853. *T.* 1 *p.* 166. *T.* 2. *p* 460) glauben nun, diese Säure, die sich in den Lungen bildet und daselbst aufgesaugt wird, zersetze die kohlensauren Salze des Blutes und trage somit zum Freiwerden von Kohlensäure im Blute bei. *Natron pneumonicum* soll im Blute der Lungenarterie, ja im Blute im Allgemeinen vorkommen, nicht aber in den Nieren. Die Wirkung dieser Säure bringen sie in Zusammenhang mit den Versuchen *Bernard's* (*Archives génér. de Méd.* 1848. *T.* 16. *p.* 220), aus denen sich zu ergeben scheint, dass die blausauren und doppelt kohlensauren Salze, wenn sie ins Blut eingespritzt werden, sich erst in den Lungen zersetzen, indem nach Injection der ersteren der Tod durch Entwickelung von Blausäure (die man am Geruche erkennt) eintreten kann, nach rascher Injection der letzteren aber durch Entwickelung von Kohlensäure. — Dass durch Absorption von Lungensäure ein Minimum von Kohlensäure aus den kohlensauern Salzen frei werde, das darf zugestanden werden. Wir müssen indessen daran erinnern, dass das venöse Blut, wenn es ausserhalb der Lungen mit atmosphärischer Luft geschüttelt wird, unter der gleichen Gasentwickelung eben so gut in arterielles Blut sich umwandelt, als in den Lungen selbst, dass injicirte doppelt kohlensaure Salze beim geringern Drucke in den Lungen leicht Kohlensäure fahren lassen, und dass die blausauren Salze im Blute so lange keine Zersetzung durch Lungensäure erfahren werden, als die ganze Flüssigkeit alkalisch reagirt. Wir können daher keinen Zusammenhang finden zwischen *Bernard's* Versuchen und der Entdeckung der Lungensäure. Ueberdies ist die Existenz dieser Säure durch die Untersuchungen von *Cloëtta* (*Ludwig's* Physiologie Bd. 2. S. 352) problematisch geworden.

§ 136. Bau der Lungen in Beziehung zum Gaswechsel.

Nachdem wir den Bau der Lungen kennen gelernt haben, so wie den Austausch zwischen den Gasen des Lungenblutes und der atmosphärischen Luft, so ist es jetzt passend anzugeben, wie in jenem Baue die Bedingungen dieses Austausches erfüllt sind.

Wir haben früher (§. 128) gesehen, dass überall, wo die Luft bis zum Blute gelangen kann, ein Austausch von Gasen stattfindet, und dass in sofern bei manchen Thieren die Haut als Athmungsorgan sogar obenan steht. Es ist jedoch klar, dass bei den Warmblütigen die meisten Bedingungen zu einem lebendigen Stoffwechsel in den Lungen sich vereinigt finden. Zuvörderst ist die Oberfläche der Lungenbläschen, bis wohin die atmosphärische Luft dringt, ungemein gross. Dazu kommt, dass diese ganze Oberfläche mit einem so dichten Capillarnetze versehn ist, dass dessen Interstitien fast kleiner sind, als die Capillaren selbst. Sodann bilden die Capillaren nur eine einzige Schicht und dabei befinden sie sich, zumal

wenn die Lungen etwas ausgedehnt sind, in einem gewissen Zustande von Abplattung; so wird das Blut in einer ganz dünnen Schicht ausgebreitet, zu welcher von beiden Seiten die Luft Zutritt hat. Ferner läuft das Blut in längerer Strecke in diesen Capillaren, weil die kleinsten venösen und arteriellen Aestchen sich an den entgegengesetzten Seiten der kleinen Läppchen befinden. Die Capillaren liegen ziemlich nackt da, nur durch ein unvollkommenes Epithelium und ein dünnes Häutchen werden Blut und Luft von einander geschieden. Die Wandungen der Lungenbläschen endlich sind feucht, und wir haben uns vorzustellen, dass die Kohlensäure des Blutes in dieser Feuchtigkeit das Uebergewicht hat, aber continuirlich dem Sauerstoffe der in den Lungenbläschen vorhandenen Luft Platz macht; der Sauerstoffe tritt dann wieder durch Osmose anhaltend ins Blut über. Erst dann, wenn jede in den Lungenbläschen vorhandene Gasart mit denen im Blute gleiche Spannung hat, muss die Bedingung zu einem Gasaustausche ein Ende nehmen.

Das Einzige, was einem raschen Austausche im Wege steht, ist der ziemlich grosse Kohlensäuregehalt der Luft innerhalb der Lungenbläschen. Die letztere muss, da sie sich der Quelle der Kohlensäure näher befindet, stärker damit geschwängert sein, als die Exspirationsluft, welche hauptsächlich aus den grössern Luftröhrenästen kommt. Schon aus diesem Grunde tritt in den Lungen auch nur ein Theil der Kohlensäure aus dem durchströmenden Blute ab, worauf die Geschwindigkeit der Blutbewegung durch die Lungen von Einfluss sein muss.

Vom Einflusse der Nerven, namentlich des *Vagus*, wird beim Nervenleben die Rede sein.

Es ist nicht genau festgestellt, wie viel das Blut von seiner Kohlensäure in den Lungen verliert. *Magendie* (s. *Gay-Lussac* a. a. O.) fand in 100 Grammen Venenblut 0,078 Gramme Kohlensäure, in 100 Gr. Arterienblut nur 0,066 Gr. Kohlensäure, also ungefähr 15,4 pCt. weniger. *Vierordt* (Physiologie des Athmens S. 118) will aus der Blutmenge mit bestimmtem Kohlensäuregehalte, welche in einer bestimmten Zeit durch die Lungen strömt, ableiten, wie viel Procente Kohlensäure das Blut unter verschiedenen Umständen in den Lungen abgiebt, indem die absolute Kohlensäureausscheidung bestimmt wird. Indessen ist diese Menge des durchströmenden Blutes zu unvollkommen bekannt, als dass eine solche Berechnung grossen Werth beanspruchen könnte; die erheblichen Modificationen des Respirationsmodus aber, welche *Vierordt* bei seinen Versuchen eintreten liess, konnten auch eine Aenderung in dieser Menge herbeiführen, so dass sich schon aus diesem Grunde der relative Kohlensäureverlust aus jenen Versuchen nicht bestimmen lässt. Uebrigens ist es begreiflich, dass, wenn die Luft in den Lungenbläschen durch die Respirationsbewegungen mit der äussern Luft in lebendigem Austausche verbleibt, der Kohlensäuregehalt der Luft in den Lungenbläschen sich mindert und das durch-

strömende Blut deshalb mehr von seinem Kohlensäuregehalte abgeben wird, — dass ferner bei einer vermehrten Geschwindigkeit der Blutbewegung das Blut relativ weniger, dagegen absolut mehr Kohlensäure verlieren wird, — dass endlich ein erhöhter Blutdruck den Verlust an Kohlensäure steigern muss, theils wegen der stärkern Spannung, unter welcher die Gase des Blutes stehen, theils wegen der Ausdehnung der Capillaren, die hierbei eine grössere Oberfläche darbieten. (S. *Ludwig's* Physiologie. Bd. 2. S. 332.)

§ 137. Einfluss verschiedener Gasarten.

Wir haben die Respiration als eine Verrichtung kennen gelernt, ohne welche das thierische Leben nicht bestehen kann. Die Lebenserscheinungen beruhen auf einer Wechselwirkung zwischen den Nahrungssubstanzen und dem Sauerstoffe, welcher in den Lungen aufgenommen wird. Nahrungssubstanzen brauchen nur von Zeit zu Zeit eingeführt zu werden; es kann sich ein gewisser Vorrath davon im Körper anhäufen, und bei unzureichender Zufuhr werden die Gewebe selbst als Nahrungsstoff verbraucht. Sauerstoff dagegen ist nur in geringer Menge vorhanden (in den Luftwegen, im Blute und in der Ernährungsflüssigkeit) und der vorhandene wird in wenigen Minuten verbraucht: somit ist eine beständige Zufuhr von Sauerstoff nothwendig, um das Leben zu erhalten. Wenn diese Zufuhr abgeschnitten und die gebildete Kohlensäure im Körper zurückgehalten wird, so tritt alsbald der Tod ein unter Erscheinungen von Erstickung (*Asphyxia*).

Die atmosphärische Luft ist das naturgemässe Gasgemenge zur Erhaltung des Lebens. Der Stickstoff darin wirkt temperirend, und kann in dieser Eigenschaft nur durch Wasserstoff ersetzt werden: es wird dann mehr Sauerstoff verbraucht und mehr Kohlensäure gebildet, auch wird Stickstoff ausgeathmet und es verschwindet eine kleine Menge Wasserstoff. Letzteres ist wahrscheinlich nur dem zuzuschreiben, dass der primitiv gelöste Stickstoff im Blute und in der Ernährungsflüssigkeit gegen Wasserstoff ausgetauscht wird. Ist der Sauerstoffgehalt der inspirirten Luft bedeutend grösser, so nimmt dessen Consumtion bei Kaninchen und bei Hunden deshalb doch noch nicht merklich zu und es bildet sich auch nicht mehr Kohlensäure. Bei Vögeln will man bei stärkerem Sauerstoffgehalte der Luft eine regere Lebensthätigkeit beobachtet haben; wird aber die Luft nicht erneuert, dann verscheiden die Thiere doch schon bereits, wenn noch soviel Sauerstoff vorhanden ist, dass ein glühendes Schwefelholz sich darin entzünden kann (*Broughton*). Die gebildete Kohlensäure wird hierbei wohl Ursache des Todes sein, wenngleich

deren Gehalt in der Luft ohne Nachtheil grösser sein kann, sobald nur zugleich der Sauerstoff auf Kosten des Stickstoffs zugenommen hat. — Eine Zeit lang kann auch das Leben beim Athmen von Stickstoffoxydulgas fortbestehen, welches ebenfalls die Verbrennung unterhält. *Davy* hatte bei dessen Einathmung ein Gefühl von Wohlbehagen und von Leichtigkeit der Verrichtungen, weshalb man es auch als Lustgas bezeichnet hat. Bei Andern traten dagegen unangenehme Erscheinungen auf, Athemnoth, Schwindel, ohnmachtähnliche Schwäche. Kohlensäure scheint sich dabei in verstärktem Maasse zu bilden. — Der allotropische Zustand des Sauerstoffs, welcher als Ozon bekannt ist, wirkt sehr reizend auf die Luftwege ein und ruft eine starke Absonderung auf deren Oberfläche hervor, welche die Thiere bald durch Erstickung tödtet.

Wird Stickstoff oder Wasserstoff ohne Sauerstoff eingeathmet, so stirbt das Thier wegen mangelnden Sauerstoffs; dabei wird aber Anfangs noch Kohlensäure ausgeathmet, und bei Wasserstoffathmung wird auch Stickstoff ausgeschieden. Die Kohlensäure hat vielleicht einen positiv nachtheiligen Einfluss; sie wirkt reizend auf die Luftwege ein und tödtet fast plötzlich durch Aufnahne ins Blut, die sehr leicht zu Stande kommt unter rascher Austreibung des zuerst vorhandenen Sauerstoffs. — Athmet ein Thier im abgeschlossnen Raume, oder wird der Zutritt von Luft zu den Lungen auf die eine oder die andere Weise abgeschnitten, so treten rasch Erstickungserscheinungen auf, theils wegen des fehlenden Sauerstoffs, theils aber auch weil Kohlensäure in Uebermaass vorhanden ist. Während die Kohlensäure zunimmt und der Sauerstoff abnimmt, wird das Athmen schneller und tiefer. Dadurch geschieht es, dass die Zusammensetzung der Luft in den Lungenbläschen zuerst noch unverändert bleiben und das Leben noch eine geraume Zeit sich erhalten kann in einer Luft, die bis 3 pCt. Kohlensäure enthält. *Regnault* und *Reiset* sahen sogar keine auffallende Respirationsstörung eintreten, als die Hälfte des Sauerstoffs durch Kohlensäure ersetzt war, und bei noch grösserem Kohlensäuregehalte wurde dennoch keine Athemnoth beobachtet, wenn nur die Sauerstoffmenge proportional zunahm: ein Kaninchen blieb munter in einem Gemenge von 23 Kohlensäure, 31 Sauerstoff und 46 Stickstoff. — Wächst der Kohlensäuregehalt allmählig auf Kosten des Sauerstoffs, dann wird der Mensch unruhig, die kräftigen Bewegungen des Thorax lassen nach und es tritt Athemnoth ein: das Blut wird dunkler, die Lippen färben sich blau und die Venen

schwellen an, zuletzt verlangsamt sich die Respiration, und allgemeine Krämpfe oder leichte Zuckungen der Gesichtsmuskeln gehn dem Tode voran. — Die kräftigen Versuche des Ein- und Ausathmens nimmt man ganz deutlich wahr, wenn man bei einem lebenden Thiere ein Manometer in die Luftröhre einführt. Je mehr die Erstickung droht, um so kraftvoller werden Anfangs diese Bewegungen ausgeführt, so dass wir bei Kaninchen einen negativen Inspirationsdruck von 40 bis 60 Millim. Quecksilber und bei den stärksten Exspirationen, trotzdem dass nur wenig Luft in der Brust enthalten war, einen positiven Druck von 15—25 Millim. Quecksilber beobachteten. Schon nach zwei Minuten nehmen beide ab und nach weniger denn vier Minuten hat das Athmen aufgehört, während der Herzschlag noch eine Zeit lang fortdauert. Auch der Blutdruck und besonders dessen Schwankungen durch die Respiration nehmen in der ersten Minute und zu Anfang der zweiten Minute zu; allmählig tritt aber ein Sinken ein. — In der Leiche erscheint das Blut flüssig, dunkelblau bis schwarz. Das rechte Herz oder beide Kammern, die Lungen und das Gehirn sind stark mit Blut gefüllt. Nicht selten tritt rasch eine bedeutende Todtenstarre ein.

Den Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und das Lustgas ausgenommen, üben alle übrigen Gase einen positiv nachtheiligen Einfluss auf den Körper aus, weil sie entweder die Luftwege reizen, oder weil sie, und das ist wohl das Wesentliche, ins Blut übergehen: es sind giftige Gase, die hauptsächlich narkotisch wirken. Werden sie ohne Sauerstoff eingeathmet, so wirken sie ausserdem auch noch dadurch tödtlich, dass eben der Sauerstoff fehlt. In der atmosphärischen Luft kann von manchen eine grössere, von andern eine kleinere Menge vorkommen, ohne dass sie wenigstens in kurzer Zeit das Leben bedrohen. Zu den narkotischen, welche das Leben bereits bedrohen, wenn sie auch nur zu einigen Procenten der Luft beigemengt sind, gehören Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff, ölbildendes Gas und der Kohlendunst, ein Gemenge von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Kohlenwasserstoff, manchmal noch mit empyreumatischen Beimischungen. Schwefelwasserstoffgas, ein Hauptbestandtheil der Cloakenluft, wirkt, wenn es auch nur in geringer Menge der atmosphärischen Luft beigemischt ist, schon dergestalt verändernd auf das Blut ein, dass es tödtlich wird. Chlorgas, Ammoniak, salpetrige Säure und schweflige Säure wirken sehr reizend auf die Luftwege und scheinen einen Stimmritzenkrampf

zu erzeugen, der indessen nicht hindert, dass diese Gase bis zu den Lungen gelangen. Es sind local reizende Gifte; namentlich aber die drei letztgenannten dringen auch bis zum Blute ein und äussern somit eine allgemeine Wirkung. Vom Arsenikwasserstoffe brauchen nur ganz geringe Mengen in der Luft vorzukommen, so dass beim Athmen gar nichts davon empfunden wird, und dennoch treten nach einiger Zeit allgemeine Erscheinungen von Arsenikvergiftung auf. Die dunstförmige Blausäure tödtet sehr schnell unter allgemeinen Erscheinungen.

Dass eine Vermehrung des Sauerstoffgehalts der inspirirten Luft auf die Respiration von keinem wesentlichen Einflusse ist, scheinen die Versuche von *Regnault* und *Reiset* (a. a. O. S. 490) auf überzeugende Weise dargethan zu haben. Wurde der Stickstoff zum grössern Theile durch Wasserstoff ersetzt, dann wurde mehr Sauerstoff consumirt und mehr Kohlensäure gebildet (vielleicht durch das stärkere abkühlende Vermögen des Wasserstoffs), sonst aber zeigte sich keine wesentliche Verschiedenheit. Von der Schläfrigkeit, welche manche beim Einathmen von Wasserstoffgas gefunden haben wollen, wird hier nichts erwähnt. Dass die Kohlensäure bei Vögeln und Säugethieren bedeutend zunehmen und dem Sauerstoffgehalte gleich kommen kann, ohne dass Athemnoth eintritt, haben die Versuche von *Regnault* und *Reiset* (S. 390—397) ebenfalls gelehrt.

Schübler (*Vierordt's* Art. Respiration S. 882) hat die Beobachtung gemacht, dass Mäuse in geschlossnen Glocken, die mit electrisirter Luft gefüllt waren, rascher zu Grunde gingen und weniger Sauerstoff verbraucht hatten, als in ähnlichen Glocken mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft. Ueber das Einathmen von Luft, welche durch Phosphor ozonisirt wurde, hat *Schwartzenbach* (Verhandlungen der phys. med. Ges. in Würzburg. Bd. 1. S. 322) Versuche angestellt. Er fand, dass die Respiration alsbald behindert wurde und heftige Dyspnöe eintrat mit einem eigenthümlichen Geräusche beim Ausathmen; dabei befand sich das Thier in einem Zustande von Trunkenheit und Gefühllosigkeit, so dass es hin und her wankte, nicht stehen bleiben konnte und zitterte. Nach etwa zwei Stunden starben Kaninchen und die Luftwege waren fast ganz mit Flüssigkeit erfüllt; diese Flüssigkeit konnte aber kein eingedrungener Speichel sein, sondern musste auf der Oberfläche selbst abgeschieden werden, da sie sich auch vorfindet, wenn das Thier durch eine in die Luftröhre eingeführte Röhre athmet. Ob indessen die wechselnden Spuren von Ozongehalt in der atmosphärischen Luft einen merklichen Einfluss auf die Respiration oder auf den Krankheitscharakter ausüben, das scheint noch nicht ganz ausgemacht zu sein.

Nach den Untersuchungen von *Favre* und *Silberman* (*Ann. de Chimie et de Physique. Avril* 1852) scheint der Sauerstoff im Stickstoffoxydulgase als Ozon oder als electrisirter Sauerstoff vorhanden zu sein; bei seiner Zersetzung entwickelt sich Wärme. Diesem nach würde beim Einathmen von Lustgas stärkere Wärmeentwickelung und ein lebhafter Stoffwechsel zu erwarten sein. Wirklich scheinen auch die Versuche *Zimmermann's* (*Diss. de respiratione nitrogenii oxydulati. Marb.* 1844. *p.* 26) zu lehren, dass die Kohlensäureproduction und die Wärmeentwickelung beim Einathmen dieses Gases gesteigert sind, worauf doch, nach den Untersuchungen von *Regnault* und *Reiset*, ein grösserer Sauerstoffgehalt ohne Einfluss ist. Die Erscheinungen vom Einathmen dieses Gases sind bei verschiedenen Personen sehr verschiedenartig (*van Hasselt, Handleiding der vergiftleer p.* 287). Eine Reizung der Luftwege, die beim Einathmen von Ozon so stark hervortritt, wird dabei nicht wahrgenommen.

Ausser unsern Versuchen über die Druckverhältnisse der Respiration beim Erstickungstode haben wir auch noch dergleichen von *Krahmer* (*Haeser's*

Archiv 1847. Bd. 9. Heft 3) und von *Valentin*. Ohne Zweifel werden die Druckverhältnisse durch die Luftmenge, welche beim Versuche in den Lungen vorhanden ist, in auffallendem Maasse modificirt. Wir fanden den negativen Inspirationsdruck viel grösser als den positiven Exspirationsdruck. *Valentin* (Lehrb. d. Phys. Bd. 1. S. 594) fand beide ungefähr einander gleich, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist:

	Hydrostatischer Athmungsdruck in Millimetern Quecksilber.	
	Inspiration.	Exspiration.
Erste halbe Minute	— 33,32	+ 33,32
Zweite » »	— 55,00	+ 52,50
Dritte » »	— 62,22	+ 62,22
Vierte » »	— 50,00	+ 30,00
Fünfte » »	— 26,66	+ 46,66
Sechste » »	— 13,32	+ 16,66
Siebente » »	— 0	+ 5,00

Ueber die Reihenfolge, in welcher die Lebenserscheinungen beim Ersticken aufhören, hat bereits *Bichat* (*Recherches phys. sur la vie et la mort. 4me Ed. Paris* 1822. *p.* 308) viele Versuche angestellt. Er fand, dass ein Thier, dem venöses Blut mit Kraft in die Carotis gespritzt wurde, unter asphyktischen Erscheinungen hinstürzte, und dass bei unterdrückter Respiration die Verrichtungen des Nervensystems durch das nach dem Centralnervensysteme strömende venöse Blut bereits aufhören, bevor noch das Herz durch das venöse Blut in den Kranzarterien seiner Wirksamkeit beraubt wird. Eine gehaltvolle, auch die Literatur mit Sorgfalt berücksichtigende Abhandlung über diesen Gegenstand lieferte *Reid* (*Edinb. med. and surg. Journ. April* 1841); mit Zusätzen versehen wurde sie in dessen *Phys. anat. and pathol. Researches. Edinb.* 1848. *p.* 17 abgedruckt. Die meisten Versuche *Reid's* wurden später durch *Erichsen* (*Edinb. med. and surg. Journ.* 1845 *Jan.*) bestätigt. *Reid* beobachtete, dass Anfangs (in der ersten und zweiten Minute) der Blutdruck erhöht wurde, weiterhin allmählig abnahm, plötzlich aber wiederum zunahm, sobald atmosphärische Luft durch die in die Trachea eingebrachte Röhre zugelassen wurde. Bereits *Bichat* (a. a. O. S. 334) hatte wahrgenommen, dass, wenn bei einem Thiere Erstickung drohte und aus der geöffneten Arterie kaum Blut herauskam, unmittelbar nach dem Zutritte von frischer Luft in die Lungen ein hellrothes Blut mit viel grösserer Kraft den geöffneten Arterien entströmte. In Verbindung mit dem (unsichern) Blutdrucke in den Venen erblickt *Reid* darin einen Beweis dafür, dass der Durchgang des mit Kohlensäure geschwängerten Blutes durch die Gefässe ein Hinderniss erfährt, und er redet von einer *vis a fronte*, wodurch die *vis a tergo* vom Herzen her unterstützt und der Blutumlauf in den Geweben geregelt werden soll. Wir erkennen in der Abnahme des Blutdrucks nur eine geminderte Thätigkeit des Herzens, und in der Zunahme des Drucks eine Anregung der Herzthätigkeit, welche eintritt, sobald wieder arterielles Blut aus den Lungen ins linke Herz kommt (§ 32). — Eine gewisse Zunahme der Kohlensäure im Blute scheint auch wirklich die Thätigkeit des Herzens, momentan wenigstens, anzuregen (§ 18), was dem erhöhten Blutdrucke zu Anfang der Asphyxie zuzuschreiben ist. Bald indessen wirkt das Ueberwiegen der Kohlensäure, verbunden mit dem Mangel des Sauerstoffs, deprimirend auf die Herzthätigkeit, und der Tod tritt durch den Mangel des arteriellen Blutes im Herzen sowohl, als im Gehirne und in den übrigen Körpertheilen ein (*Bichat*).

Ueber die Wirkung der verschiedenen giftigen Gase handelt *van Hasselt* (*Byzondere vergiftleer, p.* 210—294) mit grosser Gründlichkeit.

Drittes Kapitel.

Mechanismus der Respiration.

Hutchinson, *On the capacity of the Lungs and on the respiratory Functions*, in den *Medico-chirurgical Transactions*. 1846. *Vol.* 29. *p.* 137. (Uebersetzt und mit Zusätzen versehen von *Samosch*. Braunschweig 1849.)

Hutchinson Art. *Thorax* in *Todd's Cyclop. of Anat. and Phys.* 1850.

§ 138. Luftvolumina im Verhältniss zum Mechanismus der Respiration.

Der Austausch zwischen den Blutgasen und der in den Lungenbläschen enthaltenen Luft kann nur unter der Bedingung anhaltend fortdauern, dass die letztere von Zeit zu Zeit erneuert wird. Die Diffusion in der ganzen Luftsäule, von den Lungenbläschen an bis zur äussern Luft hin, ist für diese Erneuerung nur von untergeordneter Bedeutung. Es werden Ströme gefordert, wodurch jedesmal ein Theil der in den Lungen enthaltenen Luft nach aussen getrieben wird (Exspiration), und ein Theil der atmosphärischen Luft in die Lungen gelangt (Inspiration). Hierüber handelt der Mechanismus der Respiration.

Dieser Mechanismus ist von der Beweglichkeit des Thorax abhängig, in deren Folge die Capacität des Thorax und damit auch der Inhalt der eingeschlossenen Lungen sich abändern kann. Beim gewöhnlichen Athmen kommt keine starke Verengerung und keine starke Erweiterung des Brustkastens vor; man kann noch viel tiefer inspiriren und noch viel stärker exspiriren, und auch nach der stärksten Exspiration bleibt noch eine gewisse Luftmenge in den Lungen zurück. Jene Luftmenge, welche nach einer möglichst tiefen Exspiration in der Brusthöhle noch zurückbleibt (Fig. 102 *ab*), nennt *Hutchinson* rückständige Luft (*residual air*); jene Quantität, welche nach einer gewöhnlichen Exspiration noch ausgeathmet werden kann (*cb*), heisst Reserveluft (*reserve air*); Respirationsluft (*breathing air*) ist die Quantität (*cd*),



Fig. 102.

Fig. 102. Schematische Darstellung der verschiedenen beim Athmen unterschiedenen Luftvolumina. *ab* Rückständige Luft, die nach möglichst tiefem Ausathmen noch in den Lungen verbleibt. *bc* Reserveluft. *cd* Respirationsluft. *de* Complementärluft. *be* Athmungsgrösse oder vitale Capacität.

welche beim gewöhnlichen Ein- und Ausathmen bewegt wird; jene Menge, welche nach einer gewöhnlichen Inspiration noch aufgenommen werden kann (*de*), heisst Complementärluft (*complemental air*); für die Menge endlich, welche vom Momente der tiefsten Inspiration bis zur tiefsten Expiration ausgestossen wird ($be = bc + cd + de$) ist die Bezeichnung vitale Capacität (*vital capacity*) der Lungen oder des Thorax, oder die Bezeichnung Athmungsgrösse eingeführt.

Die rückständige Luft veranschlagt *Hutchinson* zu 1230 bis 1640 Cub.-Centim., die Reserveluft zu 1248 bis 1804 Cub.-Centim. — Die Quantität der eigentlichen Respirationsluft variirt nicht allein bedeutend bei verschiedenen Individuen, sondern sie wechselt auch nach besondern Zuständen des Körpers, nach Ruhe, Bewegung u. s. w. Für den Zustand der Ruhe erhielt *Vierordt* ein Mittel von 507 Cub.-Centim. (Min. 367, Max. 699). — Auf die vitale Capacität der Lungen, welche mittelst des Spirometers leicht zu bestimmen ist, kommen wir weiterhin zu reden; vorläufig sei nur bemerkt, dass sie *Hutchinson* für erwachsene gesunde Männer im Mittel auf 3772 Cub.-Cent. schätzt. (Für Niederländer und Deutsche dürfte diese Zahl um 500 Cub.-Cent. zu gross sein.)

Hieraus erhellt, dass die Lungen nach einer gewöhnlichen Exspiration etwa 2500 bis 3400, nach einer gewöhnlichen Inspiration 3000 bis 3900 Cub.-Cent. Luft enthalten, dass also bei jeder Athmung nur ungefähr der sechste Theil der in den Luftwegen enthaltenen Luft erneuert wird. Deshalb kann man die Zusammensetzung der Luft in den Luftwegen, zumal in den Lungenbläschen, als eine constante annehmen. Ohne sich in auffallender Weise von der ausgeathmeten Luft zu unterscheiden, muss sie doch noch reicher an Kohlensäure angenommen werden, als diese. Die Quelle nämlich der Kohlensäure ist im Blute der Lungenbläschen zu suchen, und bei jeder Exspiration wird ohne Zweifel ein Theil der zuletzt eingeathmeten sauerstoffreicheren Luft wiederum ausgestossen. Daher fand denn auch *Vierordt*, dass, wenn die beim gewöhnlichen Athmen ausgestossene Luft 4,48 pCt. Kohlensäure enthielt, die erste Hälfte der ausgeathmeten Luft nur 3,72 pCt., die zweite Hälfte dagegen 5,44 pCt. Kohlensäure lieferte, und dass, wenn die beim gewöhnlichen Ausathmen gesammelte Luft 4,63 pCt. Kohlensäure gab, in der weiterhin ausgeathmeten Luft sich 5,43 pCt. Kohlensäure vorfanden.

Von Interesse würde es sein, genau den Inhalt der Bronchialäste bis zu den *Infundibula* hin zu kennen. Wir glauben annehmen zu dürfen, dass derselbe weniger denn 500 Cub.-Cent. beträgt, so dass, wenn auch durch den Strom der eingeathmeten Luft keine Vermengung stattfände, dennoch bei jeder Athmung bereits ein Theil der Luft aus den *Infundibula* selbst mit der atmosphärischen Luft in Wechsel kommen müsste. Dieser Wechsel wird ausserdem noch durch die niedrigere Temperatur der eingeathmeten Luft befördert werden, in deren Folge der neue Luftstrom zuerst tiefer hinabsteigt, und besonders durch die Stimmritze, die es unmöglich macht, dass die gesammte in der Luftröhre enthaltene Luft durch den eintretenden oder durch den austretenden Strom fortgeschoben wird. Wir dürfen somit unbedenklich annehmen, dass bei jeder Athmung ein Theil jener Luft, welche in den *Infundibula* befindlich ist, unmittelbar erneuert wird.

Der Erwachsene vollführt in der Minute meistens 16 bis 20 Athmungen. Kinder, zumal in den ersten Lebensjahren, athmen häufiger; auf die spätere Lebenszeit treffen ebenfalls mehr Athmungen, und dabei soll die Menge der jedesmal aufgenommenen Luft grösser sein. Bei warmer Witterung beobachtete *Vierordt* in der Anzahl und in der Tiefe der Athmungen eine Abnahme, aber noch mehr hatte dabei die Kohlensäureproduction abgenommen. Bei den gewöhnlichen Differenzen des Barometerstandes nahm die Anzahl der Athmungen zu, während die Tiefe derselben und die Kohlensäureproduction ziemlich unverändert blieben. Während der Verdauung wurde ganz deutlich häufiger und tiefer geathmet. Der Einfluss von Ruhe und Bewegung macht sich nicht allein in der Kohlensäureproduction geltend (s. Allg. Phys.), sondern auch in der Frequenz und Tiefe der Athmungen.

Vierordt hat experimentell nachgewiesen, dass der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft erheblich abnimmt, mögen die Athmungen häufiger oder mögen sie tiefer werden, dass dafür aber die absolute Kohlensäuremenge zunimmt. Umgekehrt beobachtete er bei verminderter Frequenz der Athmungen und wenn die Luft in den Lungen zurückgehalten wurde, dass die ausgeschiedene Kohlensäure relativ an Menge zunahm, absolut jedoch sich verminderte. Die Erklärung hiervon ist darin zu suchen, dass die Zusammensetzung der Luft in den Lungenbläschen sich ändert, und dass mithin der Austausch der Blutgase und der atmosphärischen Luft auch ein anderer werden muss. Wenn das häufigere und tiefere

Athmen längere Zeit fortgesetzt wird, dann wird sicher die absolute Menge producirter Kohlensäure nicht mehr die nämliche Verschiedenheit zeigen.

Unter den verschiedenen Luftvolumina, welche *Hutchinson* beim Athmungsprocesse unterschieden hat, scheint die rückständige Luft kaum direct bestimmbar und deshalb auch weniger genau bekannt zu sein. Ob eine von *Harless* (Münchner gelehrte Anzeigen. 1854) vorgeschlagene recht vernünftige Methode zur Bestimmung dieser rückständigen Luft während des Lebens führen kann, das muss sich erst näher herausstellen. *Goodwyn* erhielt bei vier eines natürlichen Todes, also nach einer Exspiration verstorbenen Individuen, denen der Kehlkopf unterbunden wurde, aus den unter Wasser geöffneten Lungen 1476, 1673, 1968 und 2050 Cub.-Cent. Luft. Geht man vom specifischen Gewichte des Lungengewebes und der lufterfüllten Lungen aus und legt man dabei das absolute Gewicht der Lungen (nach *Krause*) zu Grunde, dann erhält man ungefähr 2000 Cub.-Cent. Luft. (S. auch *Hutchinson* im Art. *Thorax* p. 1066.) Ohne Zweifel ist aber die Menge, welche nach einer möglichst tiefen Ausathmung zurückbleibt, geringer. Gleichwohl sind wir der Ansicht, dass *Vierordt* (Art. Respiration S. 830) diese Menge viel zu niedrig anschlägt, wenn er sie nur mit 600 Cub.-Cent. berechnet, womit auch im Zusammenhange steht, dass nach seiner Berechnung die bei jeder Athmung wechselnde Luftmenge mehr denn den fünften Theil der in den Lungen vorhandenen Luftmenge beträgt.

Die Mengen, welche bei jeder Ein- und Ausathmung im Mittel bewegt werden, hat man sehr verschieden angegeben; man findet eine Zusammenstellung davon bei *Hutchinson* (*l. c. p.* 1067). Dieser selbst kam zu einer sehr niedrigen Zahl. Die grosse Menge von 500 Cub.-Cent., welche *Vierordt* bei sich selbst erhielt, steht vielleicht mit seiner ausnehmend langsamen Athmung im Zusammenhange. Für die Lehre vom Stoffwechsel ist es natürlicher Weise bedeutsamer, dass man die absolute Menge der ein- und ausgeathmeten Luft und der producirten Kohlensäure kennt. Die Hauptsache ist, dass jede Athmung hinreichend tief ausgeführt wird, um jedesmal einen directen Wechsel zwischen der in den Lungenbläschen enthaltenen Luft und der äussern Atmosphäre möglich zu machen. Ausser dem Angeführten sprechen für das Zustandekommen dieses Wechsels die Versuche *Vierordt's*, die bei einer sehr tiefen Exspiration nur eine geringe Kohlensäurezunahme darthun, nachdem die erste Hälfte der bei gewöhnlicher Ausathmung entfernten Luft ausgetreten ist. Dass jedoch die Diffusion der Gase in den Luftwegen, worauf *Graham* (*Transact. of the royal Soc. of Edinb. Vol.* 12. *p.* 255—257) zuerst seine Gesetze gründete, bei den Strömungen, welche durch's Ein- und Ausathmen entstehen, ganz in den Hintergrund trete, das ist durch *Vierordt* (Art. Respiration S. 900) nachgewiesen worden. Den Einfluss der Stimmritze auf den Wechsel der Luft in den Luftwegen hat *Bergmann* (*Müller's* Archiv 1846. S. 296) hervorgehoben.

Die Zahl der Respirationen wird sehr verschieden angegeben. Aus den Angaben *Quetelet's*, der 300 Individuen vom verschiedensten Alter untersuchte, ersieht man den Einfluss des Lebensalters aufs Deutlichste. Die Anzahl der Athemzüge in einer Minute war nämlich:

	Max.	Min.	Mittel
Neugeborene	70	23	44
5 Jahre	32	—	26
15—20 J.	24	16	20
20—25 J.	24	14	18,7
25—30 J.	21	15	16
30—50 J.	23	11	18,1.

Gorham beobachtete bei Kindern von 2 bis 4 Jahren während des Schlafens im Mittel 24 Respirationen in der Minute, im Stehen dagegen 32, und *Guy* fand bei Erwachsenen im Liegen 13, im Sitzen 19, im Stehen 22 Respirationen.

An sich selbst zählte *Vierordt*, wenn er jegliches von der Kleidung kommende Hinderniss beseitigte, im Mittel 11,9 Respirationen (Max. 15, Min. 9) in der Minute, und er glaubt, dass die grössere Raschheit des Athmens, welche vielfältig angegeben wird, zum Theil davon herrühre, dass man die Aufmerksamkeit auf diese Function richtete. Dies kann nun aber nicht von *Hutchinson's* (Art. *Thorax p.* 1085) Beobachtungen gelten, der bei 1897 männlichen Individuen die Respirationen zählte, ohne dass diese etwas davon wussten, und Folgendes fand:

Respirationen innerhalb einer Minute.	Zahl der Personen.
9—16	79
16	239
17	105
18	195
19	74
20	521
21	129
22	143
23	42
24	243
24—40	87

Unter den 1897 Personen waren also 1731, die 16 bis 24 Male in der Minute athmeten. Den Puls fand *Hutchinson* im Mittel viermal so häufig. Dass *van Ghert* nach körperlichen Anstrengungen zuerst die Respiration, später dann den Herzschlag an Frequenz zunehmen sah, wurde bereits früher (§ 44) erwähnt. — Im Allgemeinen gilt die Regel, dass alles, was die absolute Menge der ausgeathmeten Kohlensäure vermehrt oder vermindert, den gleichen, nur nicht so merkbaren Einfluss auf die Schnelligkeit und auf die Tiefe der Respiration ausübt. Geringe Aenderungen des Luftdrucks scheinen hierin allein eine Ausnahme zu machen. Bei höherem Luftdrucke nämlich nimmt nach *Vierordt* die Zahl der Respirationen zu, ohne dass mehr Kohlensäure ausgeathmet wird.

Vierordt hat mit besonderer Sorgfalt untersucht, welchen Einfluss die Zunahme oder Abnahme in der Tiefe und Frequenz der Respirationen auf die relative und absolute Menge der ausgeathmeten Kohlensäure ausübt; den Einfluss der Respirationszahl hat er selbst in eine Formel zu bringen gesucht. Indessen lässt sich aus diesen Versuchen nicht das ableiten, dass wir durch willkürliche Modificirung des Athmens den allgemeinen Stoffwechsel auf erhebliche Weise zu beschleunigen oder zu verlangsamen im Stande sind. Es ist klar, dass bei stärkerem Ein- und Ausathmen am Ende einer Minute weniger Kohlensäure in der Luft der Luftwege enthalten sein wird, und dass die Sauerstoffzunahme dieser Luft ein rascheres Austreten der Kohlensäure aus den Gasen des Blutes zur Folge haben wird; es ist aber auch nicht minder klar, dass sich bald ein Gleichgewichtszustand entwickelt haben wird, und wahrscheinlich wird alsdann die Menge der gebildeten und ausgeschiedenen Kohlensäure nur in sofern über die normale Quantität etwas hinausgehen, als der grössere Sauerstoffgehalt in den Blutgasen den Stoffwechsel etwa zu steigern vermag. Vor allem wäre also die Angabe nöthig gewesen, wie lange die Versuche fortgesetzt wurden, und darüber findet man bei *Vierordt* nichts. Umgekehrt muss der geminderte Wechsel der Lungenluft zu einem sparsameren Austausche der Blutgase Veranlassung geben; daher nimmt die absolute Menge der Kohlensäure ab, obwohl deren Gehalt in der ausgeathmeten Luft grösser ist. Die Abnahme ist jedoch unbedeutender, als sie zu sein scheint, weil die in den Luftwegen rückständige Luft (*residual air*) alsdann kohlenstoffreicher ist als beim gewöhnlichen Athmen. *Becher* (a. a. O.) hat mit grosser Genauigkeit einen Versuch angestellt, aus dem aufs Klarste das zu entnehmen ist, was wir als eine Nothwendigkeit voranstellten, dass nämlich, wenn der Kohlensäuregehalt der Luft in den Lungen zunimmt, die Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blute immer langsamer vor sich geht. Er athmete ein möglichst grosses Luftvolumen ein

und hielt dasselbe in einer Reihe sich folgender Versuche 0, 20, 40, 60, 80 und 100 Secunden zurück. Die gewonnenen Resultate stellen wir in folgender Tabelle zusammen:

Dauer des Zurückhaltens der Luft.	Exspirirtes Luftvolumen.	Kohlensäureprocente in der exsp. Luft.
0 Secunden . . .	4821,72 . . .	3,636
20 » . . .	4564,25 . . .	5,582
40 » . . .	4656,75 . . .	6,265
60 » . . .	4471,75 . . .	7,176
80 » . . .	4471,75 . . .	7,282
100 » . . .	4285,75 . . .	7,497

Hieraus erklären sich auch die Resultate eines Versuchs, den *Vierordt* 9 Male wiederholte, und der bei oberflächlicher Betrachtung zu beweisen scheint, dass auch bei geminderter Athmung die absolute Menge producirter Kohlensäure grösser ausfallen kann. Derselbe fand nämlich (Phys. des Athmens S. 142), als er möglichst tief einathmete und die Luft 20 Secunden hindurch in den Lungen zurückhielt, dass die alsdann ausgeathmete Luft nicht nur relativ (im Mittel 5,09 pCt.), sondern auch absolut mehr Kohlensäure enthielt, als wenn er 20 Secunden lang auf gewöhnliche Weise geathmet hätte. Es kann uns dies aber nicht befremden, wenn wir wissen, dass *Vierordt* auf einmal 3600 Cub.-Cent. ausathmete, also mehr, als er in 20 Secunden auszuathmen pflegt, und dass durch die vorgängige möglichst tiefe Einathmung der Kohlensäuregehalt in den Lungenbläschen in erheblicher Weise abnehmen musste, was natürlich zu einer rascheren Ausscheidung von Kohlensäure aus dem Blute Veranlassung gab. Bei der Berechnung setzt *Vierordt* die ersten 5 Secunden nur als normales Athmen an (obwohl da gerade die meiste Kohlensäure ausgeschieden werden musste), und zieht sie gleichwie die ausgeathmete Reserveluft ab, ohne auf den grössern Kohlensäuregehalt der rückständigen Luft zu achten, und nun erhält er auf die 15 Secunden doch noch 31,4 Cub.-Centim. Kohlensäure mehr ausgeathmet, als unter normalen Umständen ausgeathmet wird. Dieses Resultat erscheint aber durchaus nicht auffallend, da ja soviel kohlensäurearme Luft in den ausgedehnten Lungen verweilte, an welche das durchströmende Blut mehr von seiner Kohlensäure abgeben musste. — Jenes *a priori* wahrscheinliche Gesetz, dass nämlich die Menge der beim Athmen aus dem Blute ausgeschiedenen Kohlensäure zum Kohlensäuregehalte der in den Lungen enthaltenen Luft im umgekehrten Verhältnisse steht, ist also durch *Vierordt* experimentell dargethan worden. Man muss jedoch bedenken, dass, wenn das Athmen willkürlich beschleunigt oder verlangsamt wird, die Gase des durchströmenden Blutes auch alsbald eine Veränderung erleiden, und dass es ebenfalls als ein Gesetz gelten muss, dass das Blut um so weniger Kohlensäure in den Lungen abgiebt, je ärmer es an Kohlensäure ist.

Vierordt hat dies Alles wohl eingesehen, aber dessen ungeachtet mitzutheilen unterlassen, wie lange seine Versuche mit beschleunigtem Athmen andauerten, und eine Formel berechnet, die zu dem ungereimten Resultate führt, dass durch 384 Athmungen in der Minute mehr denn die Totalquantität der Kohlensäure des Blutes weggeführt wird, obwohl es fest steht, dass selbst bei der raschesten Erneuerung der Luft in den Lungen noch etwas Kohlensäure in der Luft vorkommt, um so mehr also auch im durchströmenden Blute Kohlensäure enthalten sein muss.

Aehnliche Versuche wie *Vierordt* hat auch *Sturmer* (*Observationes de acidi carbonici exhalati quantitate. Hal.* 1848) unter *Marchand's* Anleitung angestellt; seine Resultate stimmen im Allgemeinen mit denen *Vierordt's*. Dass *Vierordt's* Formel gleichwohl ungenügend erfunden wurde, kann uns nicht auffallen.

§ 139. Formveränderung des Thorax beim Athmen.

Bedingung für das Ein- und Austreten der Luft ist die Veränderung in der Capacität der Brusthöhle, wornach sich die Capacität der Lungen regelt, deren Oberfläche mit jener der Brustwand nothwendiger Weise in Berührung bleiben muss. Die Lungenluft steht durch Nase und Mundhöhle in unmittelbarer Verbindung mit der äussern Luft. Im Zustande des Gleichgewichts haben beide die gleiche Spannung. Durch Ausdehnung des Thorax (Inspiration) mindert sich die Spannung der Luft in den Lungen und zur Herstellung des Gleichgewichts dringt die Luft nach innen. Nimmt dann die Capacität des Thorax ab, so bekommt die Luft in den Lungen eine stärkere Spannung und die Herstellung des Gleichgewichts verlangt jetzt ein Austreiben der Luft

Den Respirationsrhythmus hat *Sibson* am genauesten untersucht. Die Inspiration und die Exspiration fand er bei erwachsenen Männern ziemlich gleich lang (6 : 6 oder 6 : 7), dagegen die Inspiration bei Kindern, bei Frauen und bei Greisen kürzer (6 : 8 oder 6 : 9). *Vierordt* und *G. Ludwig* fanden die Inspiration im Verhältniss zur Exspiration weit kürzer, nämlich = 10 : 14,1 bis 24,1. Die Inspiration beginnt sehr langsam, beschleunigt sich aber alsbald, und wird gegen das Ende hin schleppend. Die Exspiration beginnt ebenfalls langsam, erlangt im zweiten Viertel die grösste Geschwindigkeit, und verliert sich gegen das Ende hin fast unmerklich. Zwischen Exspiration und Inspiration besteht eine Pause; ihre Dauer im Verhältniss zur Athmungsdauer fanden *Vierordt* und *Ludwig* = 10 : 35 bis 55.

Beim Einströmen sowohl als beim Ausströmen der Luft vernimmt das Ohr, mag es unmittelbar oder mittelst des Stethoskops mit dem Thorax in Berührung sein, ein sanftes blasendes Geräusch (normales Respirationsgeräusch), welches bei verschiedenen Modificationen des Athmens und zumal in pathologischen Zuständen auffallende Veränderungen erleidet. Das Durchströmen der Luft kann man auch am Kehlkopfe, an den Lippen und an den Nasenflügeln wahrnehmen.

Um die Erweiterung und Verengerung der Brusthöhle gehörig zu verstehen, müssen wir auf die anatomische Zusammensetzung des Thorax Rücksicht nehmen. Nach hinten wird derselbe durch die Brustwirbel, nach vorn durch das Brustbein begrenzt. Zwischen beiden liegen die Rippen, welche durch bewegliche Gelenke mit den Wirbeln, durch elastische Knorpel mittelbar oder unmittelbar mit dem Brustbeine in Verbindung stehen; nur die beiden unter-

sten Rippen entbehren der Verbindung mit dem Brustbeine. Die Rippen haben ihre Wölbung nach aussen gerichtet und verlaufen im Allgemeinen von hinten nach vorn und unten; nur die unteren Rippen erheben sich mit ihren langen Knorpeln nach vorn und oben. Die Rippen weichen nach dem Brustbeinende hin etwas mehr aus einander, so dass sie um desto mehr von der horizontalen Richtung abweichen, eine je tiefere Stelle sie einnehmen.

Die Wirbelsäule ist der Stützpunkt, auf welchem sich die Rippen zugleich mit dem Brustbeine bewegen, und vermöge ihrer schiefen Richtung entfernen sich die letztern zugleich mit dem Brustbeine um so weiter von der Wirbelsäule, je mehr sie nach oben gehoben werden und sich der horizontalen Richtung nähern; dabei aber vergrössert sich allmählig der Zwischenrippenraum, wenn man ihn senkrecht zur Rippenrichtung misst (s. Fig. 105). Das Gehobenwerden der Rippen hat also die Folge, dass der mediane und der quere Durchmesser an Grösse zunehmen, und damit auch der horizontale Durchschnitt des Thorax. Ueberdies kann die Brusthöhle in ihrem untersten Abschnitte in diesen Durchmessern verengt und erweitert werden durch Ein- und Auswärtsbewegung der Rippen mit ihren langen elastischen Knorpeln, ohne dass ein Senken oder ein Heben der Rippen damit gepaart geht. Wir werden jetzt sehen, dass das Zwerchfell dazu beitragen kann.

Die Brusthöhle wird nämlich nach unten durch das Zwerchfell begrenzt, die Scheidewand zwischen Bauch und Brust. Dieser abgeplattete Muskel hat seine gewölbte Fläche nach oben und etwas nach hinten gerichtet, seine ausgehöhlte Seite aber sieht nach unten und etwas nach vorn. In der Mitte ist das Zwerchfell sehnig und die Muskelfasern, die sich von allen Seiten zu dieser sehnigen Partie begeben, entspringen theils von den Knorpeln der sechs untersten Rippen und des Schwerdtfortsatzes (*Pars costalis*), theils von den Lendenwirbeln (*Pars lumbalis*). Die letztgenannten verlaufen zumeist nach oben. Erschlafft das Zwerchfell, so steigt sein muskulöser Theil eine Strecke weit in die Brust hinauf, bevor er sich nach innen umschlägt. Werden die Rippen (mit dem Brustbeine) gehoben, so dass sich die untere Apertur der Brusthöhle, welche durch das Zwerchfell geschlossen ist, erweitert, dann spannt sich das Zwerchfell schon mehr horizontal aus, und daneben contrahirt sich dasselbe auch zugleich. Da es an den Rippen und am Brustbeine, die nach vorn und oben befestigt sind, feste Punkte findet, so nimmt es eine plattere Gestalt an, indem es sich mit allen seinen Anhef-

tungspunkten ganz in die nämliche Ebene zu versetzen sucht. Die Folge davon ist, dass der Höhendurchmesser der Bauchhöhle abnimmt und somit der Bauch nach vorn und zur Seite gewölbter wird. Dieser Punkt ist von Bedeutung. Gerade hierdurch werden die elastischen Knorpel und Rippen, mit denen die Brustwand versehen ist, nach aussen gedrängt, und so schafft sich das Zwerchfell selbst durch Druck auf die Baucheingeweide einen festen Punkt an den Rippen und deren Knorpeln und die untere Apertur der Brusthöhle wird grösser. — Zugleich nimmt dabei die Höhe der Brusthöhle bedeutend zu. Da diese Zunahme vorn nicht viel beträgt, zur Seite und nach hinten aber ällmählig immer mehr hervortritt, so kommt die Fläche des Zwerchfells dabei mehr nach hinten und unten zu stehen. Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass die Brusthöhle in allen ihren Durchmessern ausgedehnt werden kann.

Hutchinson hat Abbildungen vom Manne und vom Weibe mitgetheilt (Fig. 103 u. 104), wodurch die Form der Brust- und Bauchhöhle in den verschiedenen Phasen der In- und Exspiration in der Profilansicht veranschaulicht wird. Durch die Begrenzung der beiden schwarzen Figuren wird die möglichst tiefe Expiration angedeutet, die schwarze Linie versinnlicht das gewöhnliche Ein- und Ausathmen, und die punktirte Linie gilt für die möglichst tiefe Inspiration. Man ersieht aus diesen Umrissen, dass beim tiefsten Ausathmen die Brust- wie die Bauchhöhle überall weniger gewölbt sind. Bei der gewöhnlichen Respiration zeigt sich ein ausgesprochener Unterschied zwi-



Fig. 103.



Fig. 104.

Fig. 103 u. 104. Schema der verschiedenen Phasen der Respiration beim Manne und beim Weibe, in der Profilansicht; nach *Hutchinson*.

schen Mann und Weib. Der Innenrand der schwarzen Linie entspricht nämlich der Exspiration, der Aussenrand der Inspiration, und da diese Linie beim Manne am Bauche, bei der Frau an der Brust am dicksten ist, so folgt hieraus, dass der Mann mehr durch die Contraction des Zwerchfells, das Weib mehr durch das Heben der Rippen inspirirt. Beim Manne soll demnach auch die Erweiterung von der Bauchwand, beim Weibe vom obersten Theile der Brust ausgehn, und sie soll sich bei jenem sehr schnell nach oben, bei diesem schnell nach unten ausbreiten (*Hutchinson*).

Bei der möglichst tiefen Inspiration wird der Rumpf gerader, und die Krümmung der Wirbelsäule nimmt ab. Dadurch wird der Rumpf etwas länger, selbst der Kopf erhebt sich etwas, die Schultern und das Schlüsselbein heben sich zugleich, die Stützpunkte der Rippen auf den Wirbeln weichen etwas auseinander und die Rippen, die nun ihren Stützpunkt auf einer mehr vertikalen Säule finden, können stärker nach oben und vorn gehoben werden. Die stärkste Wölbung zeigt sich deshalb beim Manne sowohl wie beim Weibe an den obern Partieen der Brust, während die Bauchwand noch stärker zurückweicht, als nach einer gewöhnlichen Exspiration. Es rührt dies davon her, dass das Zwerchfell, obwohl es beinahe eben ausgespannt ist, mit den Rippen selbst nach oben steigt, so dass die Bauchhöhle vorn an Höhe gewinnt und somit für ihre Eingeweide Platz behält, obwohl sie durch die geraden Bauchmuskeln abgeplattet wird. *Sibson* untersucht die Bewegungen des Brustkastens, namentlich bei Männern, mittelst eines eignen Thoracometer's (Fig. 106), womit die zunehmende Wölbung desselben an jedem Punkte genau abgemessen werden kann. Linkerseits, zumal in der Herzgegend, fand er die Ausdehnung geringer, als rechterseits. Uebrigens stimmen die von ihm gefundenen Zahlen ganz gut mit *Hutchinson's* Linien.

Um eine richtige Vorstellung von der Wirkung der Intercostalmuskeln beim Ein- und Ausathmen zu bekommen, muss man sich die veränderliche Grösse der Zwischenrippenräume bei der Bewegung der Rippen klar machen. Wir wollen dieses Verhältniss durch Fig. 105 verdeutlichen. *A* ist die Wirbelsäule, *B* und *C* sind zwei nach unten gerichtete Rippen, die sich in 1 und 1′ auf die Wirbelsäule stützen: für diese Stellung ist dann *ab* der Zwischenrippenraum, senkrecht auf der Richtungslinie der Rippen gemessen. Werden nun die Rippen nach oben gehoben, dass sie in die horizontale Lage *B′* und *C′* kommen, dann ist der Zwischenraum *a′b′*, senkrecht auf der Richtungslinie der Rippen gemessen, bedeutend grösser als der Zwischenraum *ab*. Könnten die Rippen bis über die horizontale Stellung hinaus gehoben werden, dann würden die Zwischenrippenräume wiederum kleiner werden. — Bei dieser Entwickelung sind wir von der Annahme ausgegangen, die Wirbelsäule *A* stehe vertikal,

wo dann, wenn die Rippen horizontal verlaufen, der Zwischenrippenraum das Maximum erreicht. Allgemein gesprochen ist aber dieses Maximum eingetreten, wenn die Richtung der Rippen vertikal ist auf jener Linie, welche ihre beiden Stützpunkte 1 und 1′ verbindet. Hieraus ist nun zu entnehmen, welchen Einfluss die Biegungen der Wirbelsäule und die willkürlichen Veränderungen, welche man darin bewirken kann, auf die Zwischenrippenräume bei verschiedenen Stellungen der Rippen ausüben. Es würde uns aber zu weit führen, wenn wir dies im Einzelnen entwickeln wollten. (S. *Hutchinson* Art. *Thorax* *p.* 1044.)

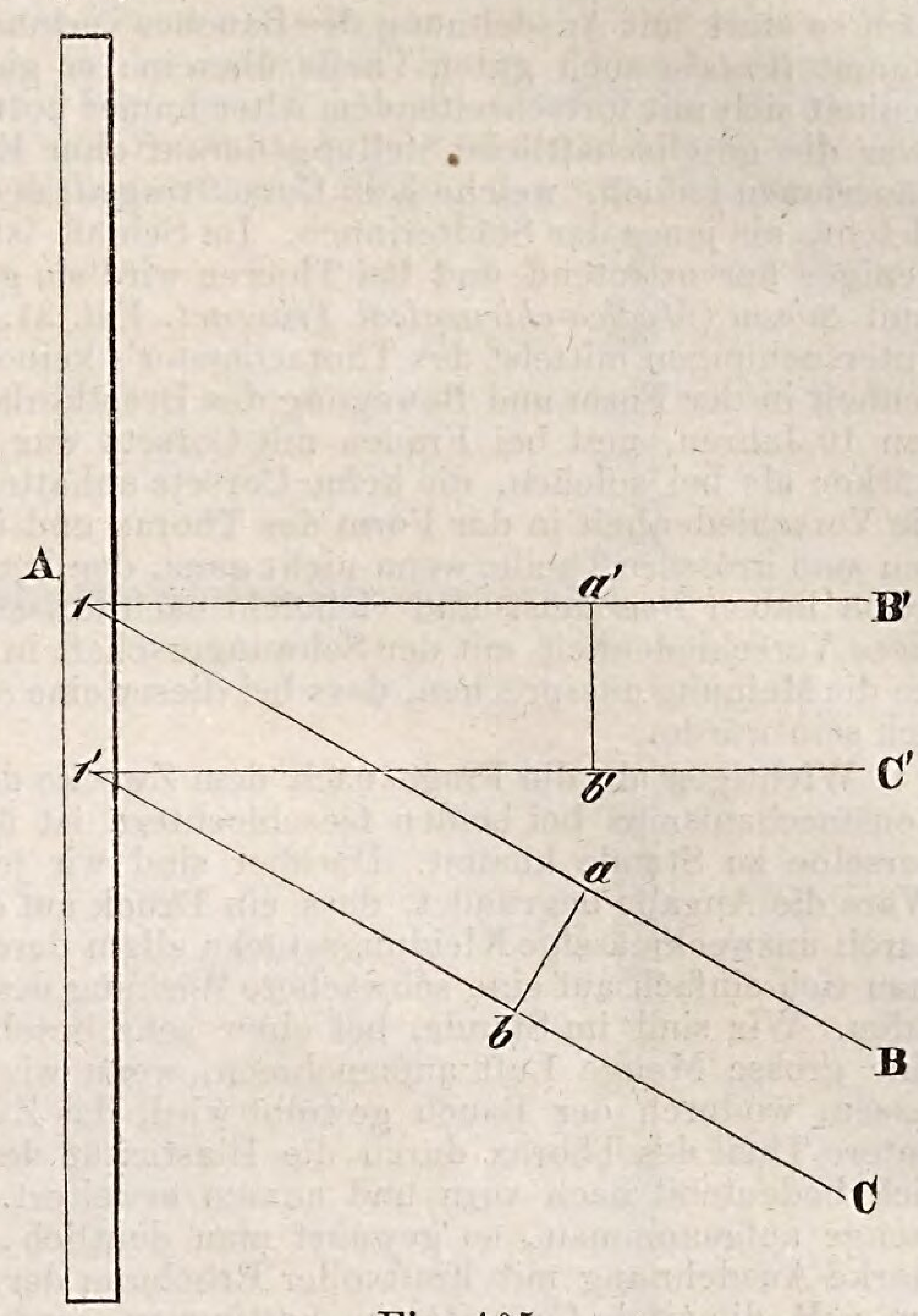


Fig. 105.

Die Wirkungsweise des Zwerchfells ist von grösster Bedeutung für die Formveränderung des Brustkastens. Durch seine Versuche kam *Haller* zu dem Schlusse, die untersten Rippen würden durch das Zwerchfell nach unten und nach innen gezogen. Dies kann aber nur dann geschehen, wenn die Bauchhöhle geöffnet ist, und der Druck der Bauchorgane die Rippen nicht mehr auf die oben beschriebene Weise nach aussen drängt. So fanden denn auch *Beau* und *Maissiat* (s. *Heinke, de functione diaphragmatis. Berol.* 1845), wenn sie bei einem Hunde die Brust zwischen der 6. u. 7. Rippe durchschnitten, dass sich der untere Theil des Thorax durch die Wirkung des Zwerchfells noch immer erweiterte, was aber aufhörte, als das Zwerchfell entfernt wurde. Damit scheint die Wirkungsweise des Zwerchfells, auch entgegen den spätern Versuchen von *Lehwess* (*De diaphragmatis usu in respiratione. Berol.* 1852), gesichert zu sein. Durch einen merkwürdigen Versuch bewies *Lehwess*, dass beim Athmen eine gewisse Bewegung der Bauchwände nothwendiger Weise stattfinden müsse. Als nämlich der Unterleib eines recht kräftigen Mannes mit einer erhärtenden Gypsmasse umgossen wurde, so entstand eine so starke Dyspnöe, dass die ganze Masse möglichst schnell wieder weggenommen werden musste.

Merkwürdig ist es, dass das Weib mehr mit der Brust, der Mann mehr mit dem Bauche respirirt. Nach *Hutchinson* lässt sich diese Verschiedenheit nicht auf Rechnung beengender Kleidungsstücke, z. B. von Corsets bringen: er fand sie eben so gut bei 24 Mädchen, die zwischen 11 und 14 Jahren alt waren und niemals eine beengende Kleidung getragen hatten (a. a. O. S. 1080). *Walshe* (*Med. Times and Gazette* 1853. *April p.* 366) theilt uns mit, dass *Boerhaave* (*Praelectiones acad. Ed. Haller. Amstelod.* 1744. T. 5. p. 144) diese Verschiedenheit schon bei Kindern von 1 Jahre gefunden haben will, während da-

Fig. 105. Schema, um die Ungleichheit der Zwischenrippenräume bei verschiedenen Richtungen der Rippen zu versinnlichen.

gegen *Beau* und *Maissiat* (*Arch. génér. de Méd. Déc.* 1842) behaupten, das Athmen der Mädchen sei in der ersten Kindheit, manchmal bis ins 8. Jahr, eben so stark mit Ausdehnung des Bauches verbunden, wie bei Knaben. Damit stimmt *Walshe* auch guten Theils überein: er giebt zu, dass diese Verschiedenheit sich mit fortschreitendem Alter immer bestimmter entwickelt, und dass zwar die gesellschaftliche Stellung darauf ohne Einfluss ist, das Athmen der Bäuerinnen jedoch, welche kein Corset tragen, dem Athmen der Männer mehr gleicht, als jenes der Städterinnen. Im Schlafe ist diese Verschiedenheit auch weniger hervortretend und bei Thieren wird sie gar nicht beobachtet. Ferner fand *Sibson* (*Medico-chirurgical Transact. Vol.* 31. *p.* 372) bei seinen genauen Untersuchungen mittelst des Thoracometer's keine bemerkenswerthe Verschiedenheit in der Form und Bewegung des Brustkorbes bei Knaben und Mädchen von 10 Jahren, und bei Frauen mit Corsets war die Hebung der Rippen viel stärker als bei solchen, die keine Corsets anhatten. Deshalb schreibt er auch die Verschiedenheit in der Form des Thorax und in den Respirationsbewegungen zum grössern Theile, wenn nicht ganz, den beengenden Corsets zu. Inzwischen haben *Boerhaave* und vielleicht nach dessen Vorgange auch *Hutchinson* diese Verschiedenheit mit der Schwangerschaft in Beziehung gebracht, indem sie die Meinung aussprechen, dass bei dieser eine Abdominalrespiration hinderlich sein würde.

Wichtiger als die Frage nach dem Zwecke dieses verschiedenen Respirationsmechanismus bei beiden Geschlechtern ist übrigens die Frage, wodurch derselbe zu Stande kommt. Darüber sind wir jedoch noch nicht im Klaren. Wäre die Angabe begründet, dass ein Druck auf die untere Partie des Thorax durch unzweckmässige Kleidungsstücke allein daran Schuld wäre, dann könnte man sich einfach auf eine schwächere Wirkung des Zwerchfells beim Weibe berufen. Wir sind im Stande, bei einer sehr beschränkten Hebung der Rippen eine grosse Menge Luft aufzunehmen, wenn wir das Zwerchfell stark wirken lassen, wodurch der Bauch gewölbt wird, das Zwerchfell herabsteigt und der untere Theil des Thorax durch die Elasticität der Rippen und Rippenknorpel sich bedeutend nach vorn und aussen erweitert. Hat man eine solche Luftmenge aufgenommen, so gewahrt man deutlich, dass durch eine möglichst starke Ausdehnung mit kraftvoller Erhebung der Rippen und des Brustbeins, um z. B. die vitale Capacität zu bestimmen, wodurch die Brusthöhle eine auffällige Formveränderung erfährt, die Luftmenge dennoch nur um Weniges (300 bis 500 Cub.-Centim.) zunimmt. Es hängt also von unserer Willkür ab, ob wir durch Contraction des Zwerchfells oder durch Hebung der Rippen die Capacität des Thorax vergrössern. Erfährt jedoch der untere Theil des Thorax einen Druck, so dass die Rippenknorpel nicht nach vorn und aussen treten können, dann wird die Wirksamkeit des Zwerchfells behindert und der Mann respirirt alsdann wie das Weib. Findet eine solche Compression lange und anhaltend statt, dann wird offenbar die Wirksamkeit des Zwerchfells eine habituelle Minderung erleiden, und die Stellung sowohl als der Widerstand der untersten Rippenknorpel werden sich nicht mehr ganz für die Ausdehnung des untern Abschnitts des Thorax eignen. So beobachtete Dr. *Fles*, Lehrer der Anatomie an der Utrechter Schule für Militairärzte, bei einem Patienten den weiblichen Respirationstypus: der Mann war Cavallerist, und um eine schöne Figur zu haben, hatte er immer eine breite, stark einengende Binde getragen.

Handelt es sich zum Theil um eine angeborne Verschiedenheit, dann wird sich wohl im Baue des Thorax ein Anhaltspunkt finden müssen. Das kurze Brustbein, der grössere Abdominalraum zwischen den aufsteigenden Knorpeln der rechten und linken Seite, die weniger schiefe Richtung der Rippen, die verschiedene Stellung des Zwerchfells in Folge des kürzeren Brustbeins kommen dabei vielleicht in Betracht. Eine vergleichende Untersuchung des ganzen Verhaltens, vorzüglich während des Lebens, wird darüber noch näher aufklären müssen. Vorläufig ist das bekannte männliche Skelet auf der ersten Tafel von *Albinus* mit dem weiblichen Skelette bei *Soemmerring* (*Tabula sceleti feminini. Traj. ad Rhen.* 1797) zu vergleichen.

Der von *Sibson* (*Lond. med. chir. Transactions. Vol.* 31. *p.* 353) beschrie-

bene Brustmesser (Fig. 106) ist zur Ermittelung des medianen Durchmessers der Brust bestimmt. Er besteht zunächst aus einer kupfernen Platte (*A*), auf welche die untersuchte Person zu liegen kommt, und einem damit parallelen Arme (*C*), welcher an der nämlichen Stange (*B*) mit *A* befestigt, aber darauf verschiebbar ist. Der Arm *C* hat ein absteigendes Stück (*D*), welches auf die Vorderfläche der Brust zu liegen kommt. Die Bewegungen dieses absteigenden Stückes wirken auf einen Zeiger an einem Zifferblatte, wo

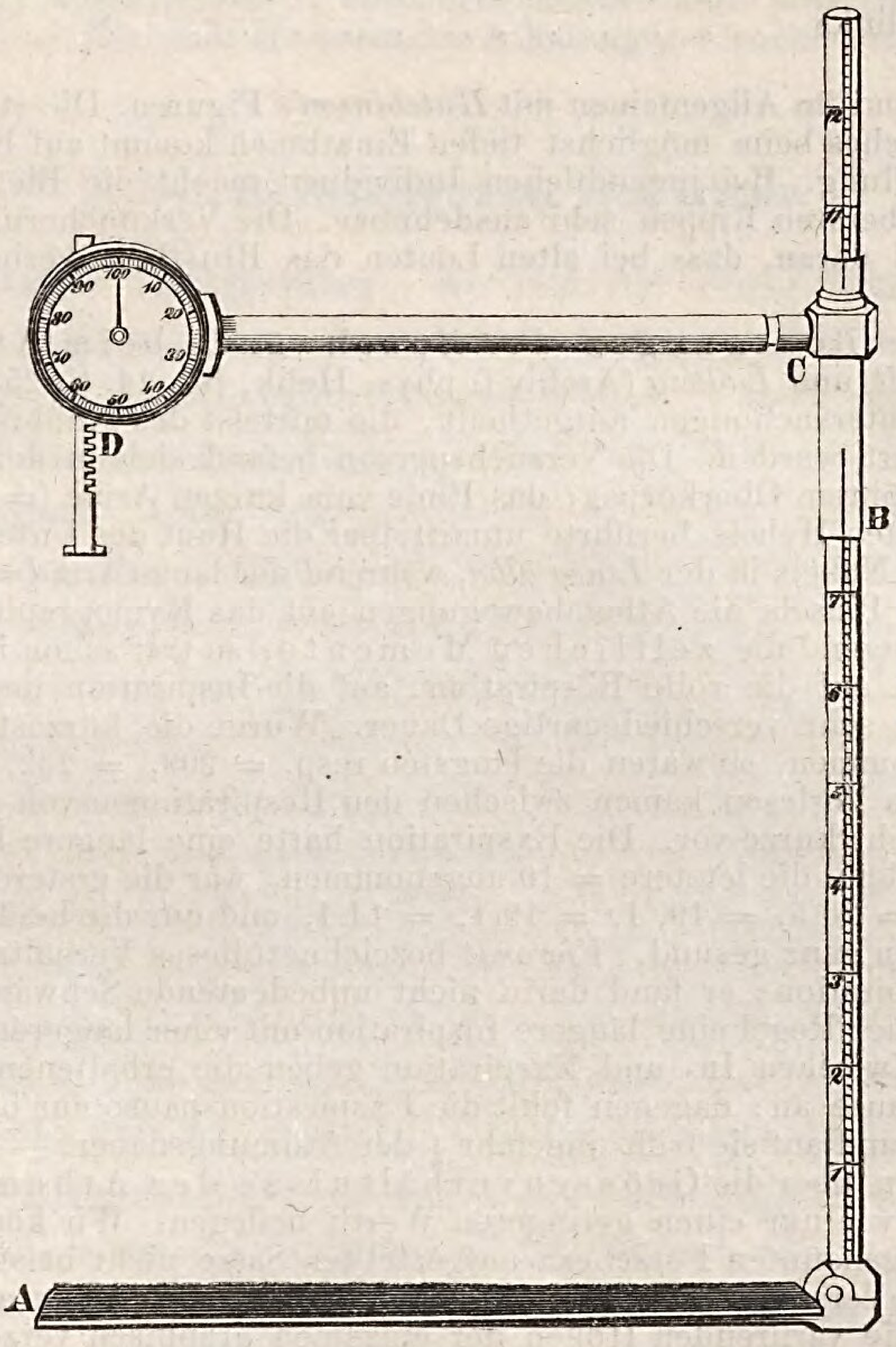


Fig. 106.

sie als $\frac{1}{100}$ Zolle abgelesen werden können. Bei männlichen Individuen zwischen 10 und 50 Jahren fand er für verschiedene Punkte der Brust und des Bauches folgende Ausdehnungen in $\frac{1}{100}$ Engl. Zolle:

Untersuchte Gegenden.		Gewöhnliches ruhiges Athmen.	Sehr tiefe Inspiration.
Mitte des Brustbeins zwischen den 2. Rippenknorpeln		3—6	100
Zweite Rippe am Knorpel	rechts	3—7	100
	links	3—7	100
Unterste Partie des Brustbeins		2—6	95
Knorpel d. 5. Rippe, zunächst dem Knochen	rechts	3—6	95
	links	2—5	85
Sechste Rippe, zur Seite	rechts	5	70
	links	3	60

Fig. 106. *Sibson's* Thoracometer.

Untersuchte Gegenden.			Gewöhnliches ruhiges Athmen.	Sehr tiefe Inspiration.
Zehnte Rippe	rechts		10	65
	links		9	60
Bauch	in der Mitte	Knaben	25	90
		Erwachsene	25 30	100
	rechts		9	—
	links		8	—

Dies stimmt im Allgemeinen mit *Hutchinson's* Figuren. Die starke Ausdehnung des Bauches beim möglichst tiefen Einathmen kommt auf Rechnung der liegenden Stellung. Bei jugendlichen Individuen macht die Biegsamkeit der Knorpel die obersten Rippen sehr ausdehnbar. Die Verknöcherung der Knorpel ist Schuld daran, dass bei alten Leuten das Brustbein verhältnissmässig höher steigt.

Ueber die Bewegungen der Bauchwände beim Athemholen haben *Vierordt* und *Ludwig* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 14. S. 253) eine Reihe schätzbarer Untersuchungen mitgetheilt, die mittelst des graphischen Verfahrens ausgeführt wurden. Die Versuchsperson befand sich in der Rückenlage mit etwas erhöhtem Oberkörper; das Ende vom kurzen Arme (= 260 Millim.) des angewandten Hebels berührte unmittelbar die Haut des Unterleibes etwas unterhalb des Nabels in der *Linea alba*, während der lange Arm (= 360 Millim.) mittelst eines Pinsels die Athembewegungen auf das Kymographion verzeichnete. — Anlangend die zeitlichen Momente, so traf schon innerhalb weniger Minuten auf die volle Respiration, auf die Inspiration und auf die Exspiration eine sehr verschiedenartige Dauer. Wurde die kürzeste Inspiration = 100 angenommen, so waren die längsten resp. = 209, = 232, = 226. Namentlich beim Vorlesen kamen zwischen den Respirationen von gewöhnlicher Dauer auch sehr kurze vor. Die Exspiration hatte eine längere Dauer als die Inspiration; denn die letztere = 10 angenommen, war die erstere bei 5 Personen = 24,1, = 20,5, = 19, 1, = 19,1, = 14,1, und nur die beiden ersten Individuen waren ganz gesund. *Vierordt* bezeichnet dieses Verhältniss als Celerität der Respiration; er fand darin nicht unbedeutende Schwankungen. Indessen ist in der Regel eine längere Inspiration mit einer längeren Exspiration verbunden. Zwischen In- und Exspiration geben die erhaltenen Curven nur selten eine Pause an; dagegen fehlt die Exspirationspause nur bei frequenten Athemzügen und auf sie trifft ungefähr $\frac{1}{5}$ der Athmungsdauer. — Den erhaltenen Resultaten über die Grössenverhältnisse der Athembewegungen können wir nur einen geringeren Werth beilegen. Wir können nämlich dem von den genannten Forschern aufgestellten Satze nicht beistimmen, dass in demselben Versuche oder auch in verschiedenen Versuchen an demselben Individuum die variirenden Höhen der einzelnen graphisch verzeichneten Inspirationen und Exspirationen proportionale Ausdrücke der jeweilen ein- und ausgeathmeten Luftvolumina darstellen. Es würde ein reiner Zufall sein, wenn die Bauchbewegung an Einem Punkte ein Maassstab wäre für die Grösse der Luftumsetzung. Dass die Sache sich nicht so verhält, ersieht man daraus, dass man, von jenem Principe ausgehend, aus den Versuchen von *Vierordt* und *Ludwig* folgende zwei falsche Resultate erhält: 1) die Menge der Respirationsluft (§ 138) ist grösser als jene der Reserveluft, — und doch beträgt sie gewiss nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der letztern; 2) durchs Vorlesen wird bei vielen Inspirationen der höchste Punkt der vitalen Capacität erreicht, — während doch diese Capacität gewiss nur durch Bauchathmung (Zwerchfellswirkung) zu Stande kommt, nicht aber durchs Aufheben des Brustbeins und der Rippen, auf welche Verschiedenheit wir anderwärts aufmerksam gemacht haben. *Hutchinson* hat nachgewiesen, dass im Stehen die Bauchwände selbst zurückweichen, so wie man sich der vitalen Capacität nähert. Die liegende Stellung wird darin freilich einige Verschiedenheit herbeiführen, was auch aus *Sibson's* Messungen ersichtlich ist. — Der gegen die angenommenen Grössenverhältnisse ausgesprochene Tadel trifft auch einigermaassen die gefundene Configuration der Cur-

ven. Es sind nur Bauchbewegungscurven für das Athmen, von denen die eigentlichen Athmungscurven (Luftumsetzungscurven) mehr oder weniger sich unterscheiden. In diesem Sinne sind die oben mitgetheilten Resultate von *Vierordt* und *Ludwig* zu verstehen.

Die Athmungsgeräusche haben in physiologischer Beziehung keine besondere Bedeutung, wichtig aber sind ihre pathologischen Abweichungen. In den Schriften über Auscultation (s. besonders *Skoda's* Abh. über Percussion und Auscultation) werden auch die normalen Athmungsgeräusche ausführlicher mit besprochen.

§ 140. Die Muskelwirkung beim Athmen.

Im vorigen Paragraphen, wo von der Formveränderung des Thorax die Rede war, mussten wir auch schon die Bedeutung des Zwerchfells für die Respiration untersuchen, weil dieser Muskel einen Theil der Brustwandungen ausmacht und deren Form unmittelbar verändert. Jetzt haben wir die Wirkung jener Muskeln zu betrachten, welche mittelbar die Gestalt der Brusthöhle abändern und welche beim Ein- und Ausathmen mitwirken können. Das Anatomische setzen wir als bekannt voraus.

Beim gewöhnlichen Athmen steht die Wirkung des Zwerchfells oben an. Aus seiner Contraction erklärt sich die Wölbung des Bauches und das Grösserwerden der untern Apertur des Thorax. Indessen steigen die Rippen dabei auch etwas nach oben, zumal beim Weibe, und so nimmt gleichzeitig die Wölbung des ganzen Brustkastens zu. Beim gewöhnlichen Athmen kommen schon mehrere Muskeln in Betracht, wodurch die Rippen nach aufwärts bewegt werden. Jeder Muskel, welcher auf eine oder auf mehrere von den 10 obersten Rippen als Heber wirkt, hebt alle Rippen zugleich und daneben auch noch das Brustbein. Sie wirken alle gemeinschaftlich, und wir brauchen nur zu untersuchen, welcher Muskeln Insertionspunkte beim Heben der Rippen sich einander nähern, um zu wissen, welche Muskeln dabei wirksam sind. Dazu gehören nun die *Levatores costarum longi* und *breves* und die *Intercostales externi*. Die Faserrichtung dieser letztgenannten Muskeln, welche von oben nach unten und von hinten nach vorn geht, bringt es nämlich mit sich, dass ihre Insertionspunkte sich einander nähern, wenn die Rippen gehoben werden. Dies kann man deutlich aus Fig. 107 entnehmen. *AB* stellt die Wirbelsäule dar, und in *aa* stützen sich zwei Rippen auf dieselbe. Haben diese Rippen die Richtung $a\,1''$ und $a\,2''$, dann lässt sich die Richtung der Fasern der *Intercostales externi* durch $1''\,2''$ ausdrücken; heben sich die Rippen bis $a1'$ und $a\,2'$, dann ist $1'\,2'$ die Richtung jener Fasern; sind endlich die

Rippen senkrecht zur Wirbelsäule gekommen, also in die Richtung a 1 und a 2, dann wird die Richtung jener Muskelfasern durch 1 2 repräsentirt. Man sieht aber deutlich, dass 1″ 2″ grösser ist als 1′ 2′, und dieses wiederum grösser als 1 2. Daraus folgt, dass, wenn die Rippen sich heben, die Anheftungspunkte der Fasern der *Intercostales externi* einander sich nähern, oder mit andern Worten, dass durch die Contraction dieser Fasern die Rippen gehoben werden, und zwar ganz unabhängig von einer Feststellung der obersten Rippen durch die *Scaleni* oder auf sonst eine Weise.

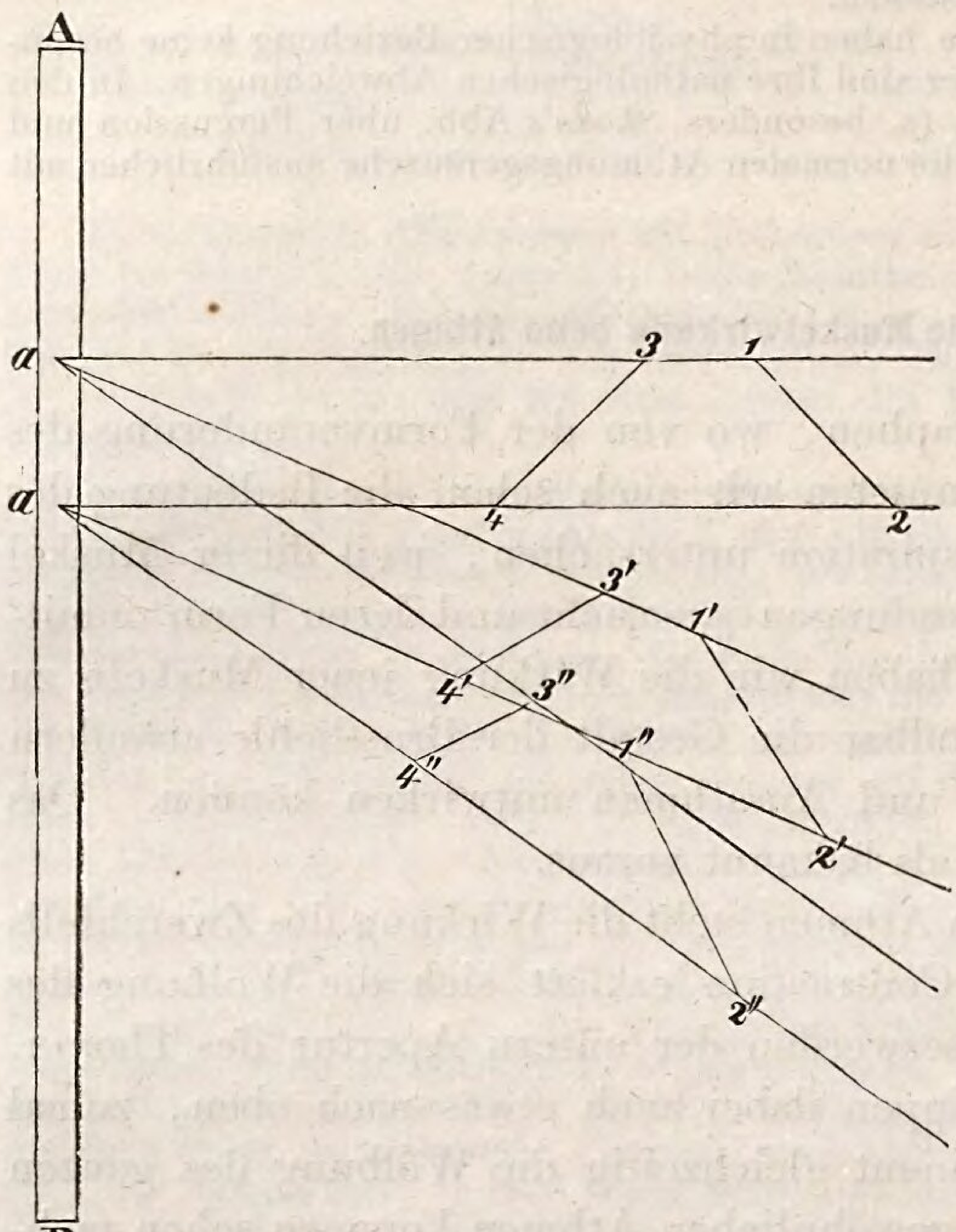


Fig. 107.

Die Inspiration kann schon sehr tief werden durch ein kräftiges Wirken des Zwerchfells, wodurch die untere Apertur des Thorax sich stark erweitert, ohne dass die Rippen sehr gehoben werden. Werden nun aber durch möglichst tiefes Inspiriren die Rippen mit dem Brustbeine stark gehoben, dann greifen noch viele andere Muskeln zur Unterstützung der *Levatores* und der *Intercostales externi* ein. Wie wir schon früher sahen, wird die Wirbelsäule alsdann mehr gerade, der Kopf stellt sich auf der Wirbelsäule fest und auch das Schulterblatt wird unbeweglicher. Die stärker vertikale Stellung der Wirbelsäule bewirkt schon an und für sich, dass die Rippen stärker gehoben werden können, bevor sie noch rechtwinkelig zur Wirbelsäule sich gestellt haben. Ausserdem werden nun Kopf, Wirbelsäule und Schulterblatt zu festen Punkten, so dass jene zwischen ihnen und den Rippen ausgespannten Muskeln die Rippen mit dem Brustbeine zu erheben im Stande sind. Dahin gehören der *Sternocleidomastoideus*, die *Scaleni*, der

Fig. 107. Darstellung der Wirkung der *Intercostales externi* und *interni*.

Pectoralis minor, der *Serratus magnus*, der *Serratus posticus superior* und der *Cervicalis descendens*. Es ist aber besonders die Wirbelsäule unter gewöhnlichen Umständen schon hinlänglich befestigt, dass den von ihr zu den Rippen herabsteigenden Muskeln auch beim gewöhnlichen Athmen eine gewisse Betheiligung zuerkannt werden muss.

Zur gewöhnlichen Exspiration bedarf es nur einer beschränkten Muskelwirkung. Sobald die Contraction des Zwerchfells aufhört, wird dasselbe durch den von den gespannten Bauchmuskeln ausgehenden höhern Druck in der Bauchhöhle wiederum nach oben gedrängt, und dabei wird die untere Apertur des Brustkastens durch die Elasticität der Knorpel wiederum kleiner. Die Rückkehr dieser Knorpel in ihre ursprüngliche Stellung kann durch den *Triangularis sterni* unterstützt werden. Daneben wird das Gewicht des Brustkastens schon zur Senkung der Rippen beitragen, falls diese gehoben worden waren, und ausserdem kommen auch die *Intercostales interni* zur Wirksamkeit. Die Faserrichtung der letztern ist in Fig. 107 bei den verschiedenen Stellungen der Rippen als 3 4, 3′ 4′ und 3″ 4″ angegeben, und man sieht deutlich, dass 3″ 4″ kleiner ist als 3′ 4′, dieses aber wieder kleiner als 3 4. Es nähern sich mithin die Insertionspunkte dieser Muskeln beim Herabsinken der Rippen, und sie müssen demnach als Herabzieher oder Senker der Rippen wirken. — Bei tieferem Ausathmen und eben so, wenn man bei abgeschlossnen Luftwegen den Versuch einer kräftigen Ausathmung macht, senken sich Kopf und Schultern und es krümmt sich die Wirbelsäule, weil die davon kommenden Inspirationsmuskeln kein Hinderniss bieten. Es wirken dabei vornehmlich die *Intercostales interni* nebst den Bauchmuskeln; sie ziehen die Rippen und das Brustbein mit Kraft nach unten, und durch den Druck der Bauchmuskeln auf die Baucheingeweide werden die letztern und damit zugleich das Zwerchfell mehr nach oben gedrängt. Hierzu gesellt sich die Contraction der *Infracostales*, deren Fasern in gleicher Richtung wie die *Intercostales interni* verlaufen, die Contraction des *Quadratus lumborum* und wahrscheinlich auch des *Serratus posticus inferior*. — Wird die Muskelwirkung am Ende einer möglichst tiefen Ausathmung unterbrochen, so veranlasst schon die Elasticität des stark zusammengedrückten Thorax, auch ohne active Muskelcontraction, eine geringe Ausdehnung.

Beim tiefen Inspiriren senkt sich der Kehlkopf etwas, und beim Exspiriren steigt er wiederum in die Höhe. Meistens spannt sich

auch der weiche Gaumen beim tiefen Inspiriren nach hinten und oben, und beim tiefen Exspiriren senkt er sich stärker. Bei erschwertem Athemholen sieht man dann auch, wie sich die Nasenlöcher bei jeder Inspiration erweitern, bei jeder Exspiration wiederum verengen.

Von der Nerventhätigkeit, welche auf directem oder indirectem Wege die Contraction der Respirationsmuskeln beherrscht und den Respirationsrhythmus bestimmt, wird bei der Lehre vom Nervenleben die Rede sein.

Theile (*Soemmerring's* Lehre von den Muskeln. S. 135) vermuthet, der *Serratus posticus inferior* befestige die Rippen, so dass sie feste Punkte für die Wirkung des Zwerchfells abgeben, und *Valentin* (Lehrbuch d. Phys. Bd. 1. S. 528) schreibt dem *Quadratus lumborum* eine ähnliche Verrichtung zu. Diese Muskeln müssen aber die Rippen eher nach unten herabziehen, statt sie nach aussen zu befestigen. Das Zwerchfell, haben wir gesehn, kann sich selbst einen festen Punkt schaffen, indem es die Baucheingeweide gegen die innere Fläche der Rippenknorpel andrängt, und unter Mitwirkung der *Intercostales externi* und der *Levatores costarum* wird die Befestigung nur noch vollkommener.

Nicht leicht ist die Wirkung von Muskeln so verschiedenartig aufgefasst worden, als jene der *Intercostales*. Bereits *Hamberger* (*De respirationis mechanismo. Jen.* 1727 und *Physiologia medica. Jenae* 1751) hatte ganz richtig gefunden, dass die *Intercostales externi* die Rippen und damit das Brustbein heben, während die *Intercostales interni* diese Theile herabziehen. Diese Ansicht bekämpfte aber *Haller*, und dessen Opposition gewann nur an Ansehn durch den Ton von *Hamberger's* Antwort (*De respirationis mechanismo et usu genuino, una cum scriptis quae vel illi opposita sunt vel ad controversiam de mechanismo respirationis agitatam pertinent. Jenae* 1749), so dass die *Hamberger*'sche Ansicht ganz verdrängt wurde. *Hutchinson* gebührt das Verdienst, sie wiederum ins Leben gerufen zu haben. Nach *Hamberger* sollte jene Partie der *Intercostales interni*, welche sich zwischen den Rippenknorpeln befindet, zur Hebung der Rippen beitragen; davon haben wir uns aber durch eine genaue Erwägung nicht zu überzeugen vermocht. *Sibson's* Ansicht (*Philos. Transact.* 1846. *p.* 501 und *Med. chir. Transact. Vol.* 31. *p.* 359), dass die *Intercostales interni* zwischen den untersten Rippen zur Hebung, jene zwischen den obersten Rippen zum Herabziehen bestimmt seien, scheint uns nicht zulässig zu sein. Allerdings nehmen die Zwischenräume zwischen den obersten Rippen beim Inspiriren weit weniger an Grösse zu, wie jene zwischen den untern Rippen; wir begreifen jedoch nicht, wie die Zwischenrippenräume bei einer mehr horizontalen Richtung der Rippen kleiner werden sollen, und wir vermochten uns davon nicht zu überzeugen. — In der Lehre über die Beweglichkeit der Rippen herrscht grosse Verwirrung. *Gerdy* (*Mém. sur quelques points de la respiration, p.* 8) hat die einander widersprechenden Ansichten von *Haller* und von *Magendie* zum Theil vermittelt.

Früher wiesen wir schon darauf hin, dass die Zwischenrippenräume bei vertikaler Stellung der Wirbelsäule am grössten werden, wenn die Rippen horizontal gerichtet sind, woraus dann folgt, dass diese Stellung die vortheilhafteste ist, um so tief als möglich einzuathmen. Gerade in dieser Stellung wird dann auch die Wirbelsäule fixirt. Hierbei wirken besonders der *Longissimus dorsi* mit dem *Sacrolumbalis*, der *Splenius capitis*, *Splenius colli*, *Biventer cervicis*, *Complexus* und *Trachelomastoideus*; aber auch der *Spinalis cervicis*, der *Spinalis dorsi*, die *Semispinales*, der *Multifidus spinae*, die *Interspinales colli*, die *Intertransversarii* und die *Rotatores dorsi* können hierzu mit beitragen. Der *Rectus capitis posterior major* und *minor* und die *Obliqui capitis* tragen mit

einigen der obengenannten Muskeln dazu bei, den Kopf zu fixiren. Durch den *Cucullaris*, die *Rhomboidei* und den *Levator scapulae* wird bei starker Inspiration das Schulterblatt befestigt, und dazu kann auch noch das Aufstützen der obern Gliedmassen beitragen.

§ 141. Bewegung der Lungen in der Brusthöhle.

Legt man bei einem lebenden Kaninchen in einer gewissen Ausbreitung die Rippenpleura blos, so gewahrt man durch die durchscheinende Membran, dass die Lungen beim Ein- und Ausathmen auf- und niedersteigen oder sich hin und her verschieben. Das Nämliche zeigt sich, wenn man Luft einbläst und diese dann wieder austreten lässt. Die Form der Lungen und die Gestalt der Brusthöhle entsprechen einander in allen Stadien ihrer beiderseitigen Ausdehnung; sie richten sich wechselseitig nach einander. Gleichmässige Ausdehnung aller Lungenbläschen und demnach auch ein gleichmässiger Druck auf alle angrenzenden Theile bei den verschiedensten Graden von Ausdehnung, das ist vom mechanischen Standpunkte aus das Ideal. Diese Bedingung eines ganz vollkommenen Athmens ist nicht zu erreichen ohne eine Verschiebung der Lungen. Im gesunden Organismus hat sich dieselbe mit Nothwendigkeit entwickelt, weil Lungen und Brusthöhle durch die Nutrition sich differentiell nach einander modificiren vermöge des Strebens nach Gleichgewicht zwischen Spannung und Druck. Dieses Streben drückt sich in dem Gesetze aus, dass die in der Brusthöhle vorhandene Räumlichkeit ganz erfüllt wird und zwar bei möglichst geringer Spannung der gesammten Lungenbläschen. Hieraus folgt zunächst, dass jedes Lungenbläschen zusammenschrumpft und einen Theil seines Inhalts austreibt, sobald die Räumlichkeit der Brusthöhle nur ein wenig abnimmt. Dieses Gesetz involvirt ferner die Nothwendigkeit einer Verschiebung der Lungen durchs Athemholen. Es betrifft aber diese Verschiebung nicht alle Theile der Lungen in gleichem Maasse. Sie erfolgt in zweierlei Richtungen, nämlich von oben nach unten und von hinten nach vorn: bei der ersten Richtung sind die Lungenspitzen, bei der zweiten die hintern Ränder der Lungen als feste Punkte zu betrachten. Die entsprechenden Partien des Brustkastens ändern ihre Stelle beim Einathmen nicht: in der Längsrichtung gewinnt der Thorax nur nach unten zu, in der horizontalen Richtung breitet er sich seitlich und nach vorn aus. Bei der Exspiration und selbst beim gewöhnlichen Einathmen liegen *Pleura diaphrag-*

matica und *Pleura costalis* grossentheils unmittelbar auf einander. Deshalb steigen die Lungen nur bis zur 6. oder 7. Rippe herab, und nur beim möglichst tiefen Einathmen verlässt das Zwerchfell die Brustwand und die Lungen können nach hinten bis zur 11. Rippe herabsteigen. Hiervon kann man sich sowohl durch die Percussion als durch Einblasen von Luft bei Leichen leicht überzeugen. Die untersten Lungenbläschen verschieben sich am meisten. Es gilt dabei als Gesetz, dass jedes Lungenbläschen die Summe der longitudinalen Ausdehnungen aller überliegenden Bläschen längs der Brustwand verschieben muss. — Bereits oben (§ 12) wurde auf die horizontale Verschiebung der Lungen aufmerksam gemacht. Bei jeder tiefen Inspiration schieben sich die vordern Ränder der Lungen über den ganzen Herzbeutel weg und nur durch die Blätter des *Mediastinum* bleiben sie von einander getrennt, während bei einer tiefen Exspiration der mit der *Lamina mediastini* bekleidete Herzbeutel nebst dem anschliessenden Herzen grossentheils mit der Brustwandung in Berührung ist. Die vordern Ränder der Lungen müssen dabei auch wieder die grösste Strecke längs der Brustwand durchlaufen, während die hintere Fläche der Lungen ziemlich in Ruhe verharrt oder sich eigentlich nur nach unten verschiebt. Davon kann uns die Percussion sowohl als die Beobachtung an der Leiche überzeugen. Umfängliche Verwachsungen zwischen Rippen- und Lungenpleura, zumal nach unten zu, behindern diese Verschiebung und somit auch die Ausdehnung des Thorax. Dadurch muss dann nothwendiger Weise die nun zu besprechende vitale Capacität der Lungen gemindert werden.

Die Verschiebung der Lungen durchs Athmen hat *Hutchinson* in seinem klassischen Werke ganz übergangen; *Donders* (*Nederland. Lancet. 3e Serie I.* 650) hat sich mit dieser Untersuchung beschäftigt. Dabei ist zugleich auf die pathologischen Veränderungen hingewiesen worden, welche auftreten, wenn durch Verwachsungen die Verschiebung behindert ist. Man nimmt diese Verschiebung bei Thieren schon beim gewöhnlichen Athmen durch die *Pleura costalis* wahr, und ohne Zweifel kommt sie auch dem Menschen zu. Bei Erweiterung des Brustkastens durch Hebung der Rippen wird sie in horizontaler Richtung am stärksten sein, bei vorwiegender Wirkung des Zwerchfells dagegen in vertikaler Richtung. Wird Luft in die Lungen eingeblasen, so kann man durch die blosgelegten Zwischenrippenräume wahrnehmen, dass der nämliche Punkt der Lungen über die verschiedenen Zwischenrippenräume sich hinschiebt. (S. auch *Sibson* in den *Phil. Transact.* 1846. *p.* 501 und in den *Medico-chir. Trans. Vol.* 31. *p.* 352.)

142. Spirometer.

Nicht blos in physiologischer Hinsicht, sondern besonders auch zur Erkennung von Krankheiten ist es von Interesse, die vitale

Lungencapacität mit einer gewissen Genauigkeit auf bequeme Weise bestimmen zu können. Hierzu dient das von *Hutchinson* erfundene Spirometer (Fig. 108). Dasselbe besteht aus einem blechernen Cylinder (*A*), der unten ganz offen, oben aber mit einer kleinen Oeffnung versehen ist, welche durch einen Hahn oder Pfropf (*a*) verschlossen werden kann. Es steckt dieser Cylinder in einem zweiten etwas weiteren und mit Wasser gefüllten Cylinder (*B*), aus welchem unten eine kupferne Röhre (*f*) heraustritt, die über der Wasserfläche bei *g* in den ersten Cylinder hineinreicht. Die kupferne Röhre kann ausserhalb des Cylinders *B* durch einen daran befindlichen Hahn (*C*) geschlossen werden. Eine Röhre von vulkanisirtem Kautschuk (*iiii*), die mit einem elfenbeinernen Mundstücke versehen ist, steht mit der kupfernen Röhre in Verbindung. — Um nun die vitale Capacität zu bestimmen, lässt man bei aufrechter Stellung möglichst tief einathmen und sodann durch die zuletzt erwähnte Röhre möglichst tief ausathmen. Die ausgethmete Luft gelangt bei *g* in den Cylinder *A*, dieser erhebt sich aus dem im Cylinder *B* enthaltenen Wasser, und an einer Scala (*FF*) ist abzulesen, wie viel Luft eingedrungen ist. Nach vollständiger Beendigung der Exspiration wird der Hahn abgeschlossen. Um die Exspiration zu erleichtern und die im Cylinder *A* enthaltene Luft vor Druck zu schützen, ist der letztere an zwei über zwei Kloben (*bb*) verlaufenden Fäden (*ee*) befestigt, und an diesen Fäden hängen zwei Gewichte (*dd*), welche gleich schwer

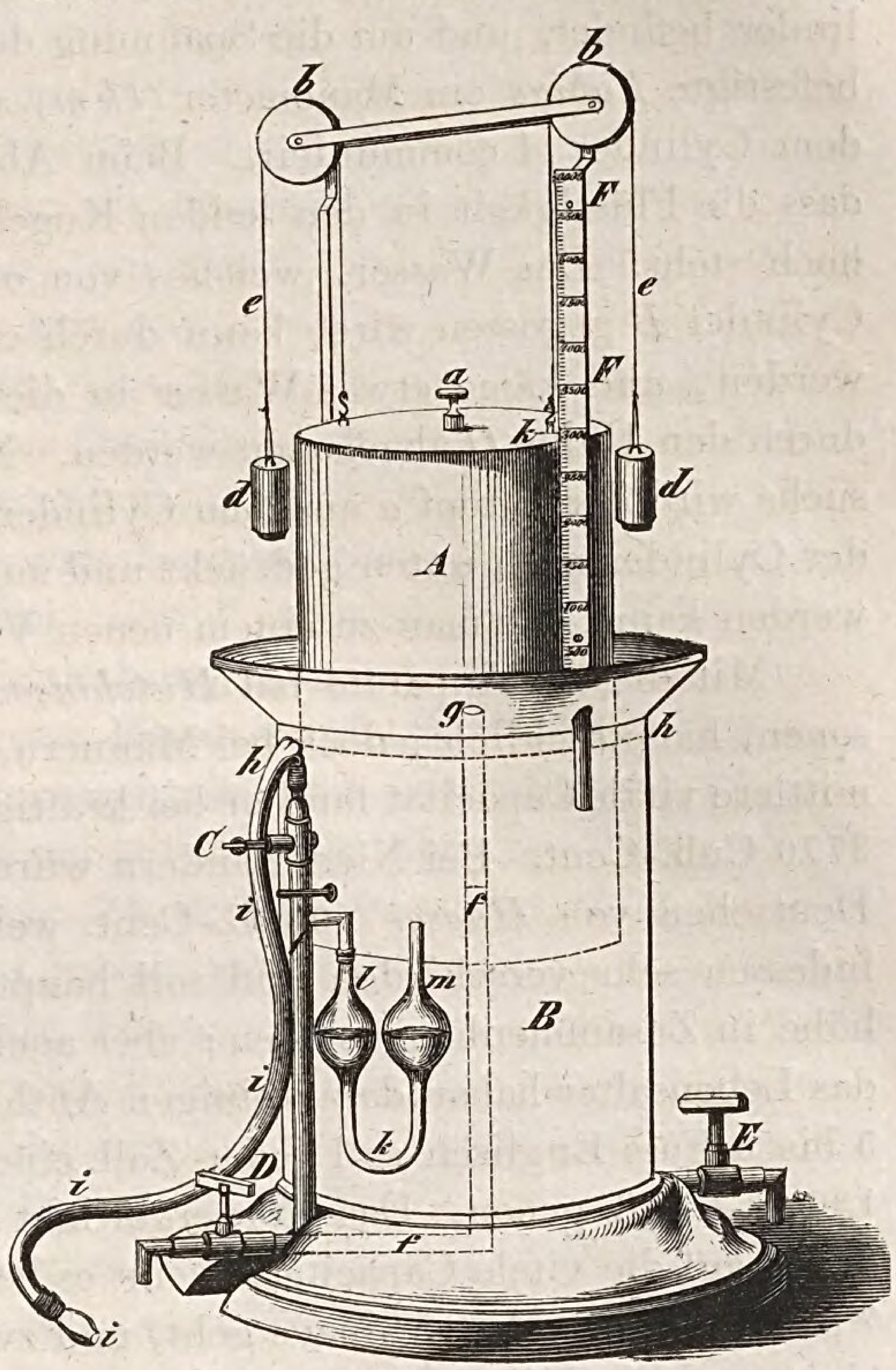


Fig. 108.

Fig. 108. Das Spirometer von *Fabius*.

sind als der Cylinder *A*. — Um ferner die nöthige Correction für die Temperatur anbringen zu können, brachte *Vogel* noch ein Thermometer an, dessen Kugel sich allein in dem luftaufnehmenden Cylinder befindet, und um die Spannung der Luft kennen zu lernen, befestigte *Fabius* ein Manometer (*lkm*) an der Röhre, welche mit dem Cylinder *A* communicirt. Beim Ablesen merke man darauf, dass die Flüssigkeit in den beiden Kugeln dieses Apparates gleich hoch steht. Das Wasser, welches von oben um *A* herum in den Cylinder *B* gegossen wird, kann durch einen Hahn (*E*) abgelassen werden, und käme etwas Wasser in die Röhre *ff*, so kann dieses durch den Hahn *D* abgelassen werden. Nach Beendigung des Versuchs wird der Pfropf *a* aus dem Cylinder *A* herausgezogen, damit der Cylinder nach unten gedrückt und auf den Nullpunkt gebracht werden kann, ehe man zu einem neuen Versuche schreitet.

Mit diesem Apparate hat *Hutchinson* bei Tausenden von Personen, hauptsächlich jedoch bei Männern, Versuche angestellt. Als mittlere vitale Capacität fand er bei kräftigen erwachsenen Männern 3770 Cub.-Cent. Bei Niederländern wurden von *Schneevoogt*, bei Deutschen von *Haeser* 500 C.-Cent. weniger beobachtet. Sie ist indessen sehr verschieden und soll hauptsächlich mit der Körperhöhe in Zusammenhang stehen; aber auch das Körpergewicht und das Lebensalter haben daran einigen Antheil. Bei einer Grösse von 5 bis 6 Fuss Englisch soll jeder Zoll eine Differenz von reichlich 130 C.-Cent. geben. Das Körpergewicht wirkt erst dann vermindernd auf die vitale Capacität, wenn es bei einer bestimmten Höhe 7 pCt. über das Mittel hinaus geht, und zwar anfänglich um 37 C.-Cent. auf Ein Kilogramm. — Mit dem 35. Lebensjahre erreicht die vitale Capacität bei gleicher Körpergrösse ihr Maximum. Sie verkleinert sich bis zum 15. und bis zum 65. Jahre für jedes Jahr um etwa 23,4 C.-Cent. — Bei Weibern fand *Arnold*, wenn die von ihm berücksichtigten Factoren (Körpergrösse, Brustumfang und Brustbeweglichkeit) gleich waren, die vitale Capacität geringer als bei Männern, und die Differenzen eines jeden dieser Factoren machen sich bei ihnen auch weniger geltend. Sind Grösse und Brustumfang einander gleich, dann verhält sich die vitale Capacität beim Manne und beim Weibe = 100 : 76,3. Im Mittel erhielt er bei Männern 3660, bei Weibern 2550 C.-Cent., also etwa ein Verhältniss = 10 : 7.

Vogel, *Albers* und *Arnold* haben den grossen Einfluss der Körpergrösse bestätigt gefunden, sobald man nämlich aus einer

grossen Anzahl von Beobachtungen das Mittel nimmt. Einzelne Fälle weichen indessen sehr von diesem Mittel ab. Da im Allgemeinen wohl ein gewisser Zusammenhang zwischen der Körperlänge und zwischen der Grösse und Beweglichkeit des Thorax bestehen muss, so kann es nicht befremden, dass, wenn das Mittel aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen genommen wird, alsdann ein Zusammenhang zwischen der Körperlänge und der vitalen Capacität sich nachweisen lässt. Indessen ist es schon *a priori* ersichtlich, dass die Körpergrösse kein unwandelbarer Maassstab sein kann und durch die bedeutenden Abweichungen vom Mittel wird dies vollkommen bestätigt. Zum Theil lassen sich diese Abweichungen auf eine Verschiedenheit der Stände zurückführen. So unterscheidet *Arnold* drei Klassen. Die erste begreift Seeleute, Seesoldaten und Rekruten, die zweite Polizei- und Feuermannschaft, Schriftsetzer und Handwerksleute, die dritte Arme, Standespersonen, Studirende: die Athmungsgrösse der ersten Klasse würde die zweite um 200 C.-Cent. übertreffen, die Athmungsgrösse der zweiten Klasse eben so die dritte Klasse wiederum um 200 C.-Cent. Bei den verschiedenen Ständen liess sich auch zum Theil diese Verschiedenheit mit der Höhe des Inspirations- und Exspirationsdruckes in Zusammenhang bringen. Der Umfang des Thorax soll nach *Hutchinson* ganz gleichgültig sein; *Vogel* schreibt ihm nur einen geringen Einfluss zu; nach *Arnold* dagegen ist derselbe nicht minder wichtig als die Körpergrösse. Dass die Beweglichkeit des Thorax einen grossen Einfluss auf die Athmungsgrösse übt, darüber sind alle einverstanden. In ihr, im Vereine mit den Veränderungen im Stande des Zwerchfells, ist offenbar die vitale Capacität vorzugsweise begründet. Da bei einem grösseren Umfange des Thorax die nämliche Beweglichkeit zu einer stärkeren Ausdehnung Veranlassung giebt, so muss dem grösseren Brustumfange im Allgemeinen die vitale Capacität zugeschrieben werden. Gleichwohl kann man diese und andere einer pathologischen Umänderung unterliegende Factoren nicht zu Grunde legen, wenn man bei kranken Individuen die geforderte vitale Capacität im Vergleiche zu jener, welche der Versuch wirklich darthut, berechnen will.

Die vitale Capacität der Lungen zu bestimmen, hat man schon vor *Hutchinson* vielfach versucht. *Kentish* und *Herbst* haben bereits gute Apparate angegeben und Untersuchungen im gesunden und im pathologischen Zustande angestellt. (S. *Fabius, de spirometro ejusque usu, observationibus cum aliorum tum propriis illustrato. Amstelod.* 1853 und Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 4. S. 281.) Die zahlreichsten Beobachtungen mit einem verbesserten Instrumente

verdanken wir aber *Hutchinson.* Weiterhin wurden Versuche mitgetheilt von *Simon* (Ueber die Menge der ausgeathmeten Luft bei verschiedenen Menschen und ihre Messung durch das Spirometer. Giessen 1848), der unter *Jul. Vogel's* Leitung arbeitete, von *Haeser* (Leistungen im Gebiete der Pathologie. 1851), von *Davies* (*Lancet* 1850), von *Albers* (Wiener medicin. Wochenschrift 1852. Nr. 39 u. 44), von *Langner* (*De pneumonometria quaedam. Vratisl.* 1848), von *Küchenmeister* (Vierteljahrschr. f. prakt. Heilk. 1849. Bd. 2. S. 114), von *Fabius* (a. a. O.), von *Voorhelm Schneevoogt* (Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 5. S. 9—28), und ganz neuerdings noch von *Fr. Arnold* (Ueber die Athmungsgrösse des Menschen. Heidelberg 1855). Dabei sind von Manchen Veränderungen am Spirometer angebracht worden, die keineswegs zu den Verbesserungen gehören. — Im Ganzen hielt man sich an den Satz von *Hutchinson*, dass die Körpergrösse für die vitale Capacität das wesentlich entscheidende Moment sei. *Fabius* benutzte dafür die Länge des Rumpfs vom Hinterhauptshöcker bis zum Schwanzbeine, die aber *Arnold* durchaus unzureichend fand. Besser würde es sein, die Länge des Brustkastens zu messen, wenn dies ausführbar ist. — *Fabius* hat auch den Umfang und die Beweglichkeit des Thorax berücksichtigt, und aus diesen Beobachtungen hat ihm *Buys Ballot* eine Formel abgeleitet, worin die Rumpflänge, der Brustumfang (über den Warzen gemessen) und die Brustausdehnung als Factoren vorkommen. *A priori* liesse sich die vitale Capacität noch genauer bestimmen, wenn man noch mehr Factoren aufnähme, welche zur Ausdehnung der Brusthöhle in Beziehung stehen. Vom physiologischen Standpunkte aus kann jedoch eine solche Berechnung nicht bedeutsam erscheinen, uud zur Beurtheilung pathologischer Zustände ist eine Formel, worin der Brustumfang und besonders die Brustausdehnung als Factoren vorkommen, auch nicht direct zu benutzen, weil diese Factoren durch den pathologischen Zustand selbst eine Abänderung erleiden. Wird z. B. die Verschiebung der Lungen und die Beweglichkeit des Thorax durch bedeutendere Verwachsungen der Brustfelle behindert, dann führt die Formel zu einer niedrigern Zahl und man erhält auch eine geringere vitale Capacität, so dass man auf einen normalen Zustand schliessen kann. Wenn *Fabius* fand, dass Turner in der Regel eine geringere vitale Capacität besitzen, als die Formel angiebt, so müssen wir daran erinnern, dass sich bei Turnern besonders der obere Abschnitt des Thorax nebst den dort sich anheftenden Muskeln entwickelt, und da der Brustumfang hier in die Formel aufgenommen ist, so kann es nicht auffallen, dass aus der letztern eine zu hohe Zahl sich ergiebt. (S. *Ned. Lancet.* 3e *Serie II.* 560.) — *Hutchinson* fand, dass die vitale Capacität bei Gesunden Jahre lang die nämliche bleibt, und mit Recht bemerkt daher *Fabius*, das Spirometer eigne sich zur Krankheitsdiagnose bei Individuen, die schon im gesunden Zustande untersucht wurden. Der Arzt muss also die vitale Capacität derer, die sich ihm anvertrauen, bestimmen. Will man ausserdem das Spirometer zur Diagnose benutzen, dann wird man suchen müssen, in jedem einzelnen Falle sich von der Abweichung Rechenschaft zu geben und bessere constante Factoren zu ermitteln, als die blosse Körperlänge.

Aus allen Beobachtungen hat sich ergeben, dass die vitale Capacität im Stehen und bei leerem Magen am grössten ist, dass sie dagegen bei Körperschwäche und nach Anstrengungen abnimmt (*Albers*). Die Beobachtung von *Küchenmeister*, dass Frauen in der vorgerückten Schwangerschaft eine grössere vitale Capacität besitzen als ein Paar Tage nach der Niederkunft, ist durch *Fabius* bestätigt worden, und *Arnold* hat wenigstens keine widersprechenden Beobachtungen.

Die Bedenken, welche *Donders* gegen die Aufnahme veränderlicher Factoren ausgesprochen hat, sind von *Arnold* nicht verstanden worden, und deshalb ist er in den nämlichen Fehler verfallen wie *Fabius*. Die mögliche Veränderung des Inhalts der Brusthöhle ist es ungefähr, was man unter vitaler Capacität versteht. Alles, was direct darauf von Einfluss ist, also einen wirklichen Factor darstellt, aufzusuchen, ist nicht ganz unerheblich für die Physiologie; für die Pathologie ist es aber nur insofern brauchbar, als durch jene Kenntniss die Analyse, warum in einem gegebenen Falle die vitale Capacität einem indirecten

Maassstabe nicht entspricht, erleichtert wird. Ohne dieses gerade auszusprechen, war doch *Hutchinson's* Streben mit Recht darauf gerichtet. Es fragt sich aber, ob ein solcher Maassstab aufzufinden ist. Die Länge der Brustwirbelsäule und des Brustbeins können vielleicht in Betracht kommen und sie dürften benutzt werden, weil sie nicht leicht durch Krankheiten eine Veränderung erfahren.

§ 143. Druckverhältnisse beim Athmen.

Beim gewöhnlichen Athmen erfährt die Spannung der Luft in den Lungen nur geringe Veränderungen. In der Luftröhre beträgt sie beim Ausathmen höchstens 2 bis 3 Millimeter Quecksilber, beim Einathmen nur — 1 Millim., und in den Lungen selbst sind beide wahrscheinlich nur unbedeutend grösser. Bei schnellerem und kräftigerem In- und Exspiriren nehmen beide zu. Ohne Zweifel ist der Exspirationsdruck grösser, wenn beim Singen oder beim Sprechen, besonders aber beim Husten und Niesen die Luft kraftvoll durch die verengte Stimmritze getrieben wird. Am grössten sind beide, wenn Nase und Mund geschlossen werden und dann eine möglichst tiefe Inspiration oder Exspiration auszuführen versucht wird: die Exspiration mit ziemlich gefüllten, die Inspiration mit ziemlich entleerten Lungen. Wurde in dem einen Nasenloche ein Manometer befestigt und das andere zugehalten, dann erhielten wir den stärksten negativen Inspirationsdruck = 57 Millim. Quecksilber (Min. 36, Max. 74); der stärkste auf die nämliche Weise bestimmte Exspirationsdruck aber war = 87 Millim. (Min. 82, Max. 100). Hieraus ist ersichtlich, dass man die Spannung der Luft in der Brusthöhle nach Willkür bedeutend zu vermindern und zu erhöhen im Stande ist.

Den Inspirationsmuskeln scheint eine grössere Kraftentwickelung zuzukommen, als den Exspirationsmuskeln; gleichwohl fanden wir den negativen Druck von den erstern um 30 Millim. geringer, als den positiven Druck von den letztern. Es erklärt sich diese Verschiedenheit aus dem Widerstande, welcher beim Inspiriren überwunden werden muss, und der beim Exspiriren gerade befördernd wirkt. Beim Einathmen muss der Thorax gehoben, die Knorpel müssen etwas gebogen werden, die Unterfläche des Zwerchfells kommt unter einen höhern Druck zu stehen, die Bauchhöhle wird comprimirt, und vor Allem kommt der Widerstand der elastischen Lungen selbst in Betracht. Die Elasticität kann man messen, wenn man an einer Leiche in der geöffneten Luftröhre mittelst eines eingeführten Korkes ein Manometer luftdicht befestigt und nun die Brust öffnet, so dass die Lungen zusammenfallen können: das

Wasser erhebt sich dann in dem aufsteigenden Schenkel und sinkt in dem absteigenden Schenkel des Manometers, und die verschiedene Stellung beider Wassersäulen giebt den Maassstab für die Elasticität der Lungen. Sie kommt bei gesunden Lungen etwa 6 Millim. Quecksilber gleich. Wurde vorher eine gewisse Menge Luft in die Lungen geblasen, dann steigt das Quecksilber höher und kann selbst einem Drucke von 30 Millim. gleichkommen, wenn soviel Luft eingeblasen wurde, wie bei der möglichst tiefen Inspiration. Wegen des Tonus der Luftwege muss der Widerstand während des Lebens noch etwas grösser sein.

Dieser Widerstand der Lungen muss nun beim Einathmen überwunden werden und beim Ausathmen wirkt er unterstützend. Dies ergiebt sich deutlich, wenn wir festhalten, dass der auf die Innenfläche der Brustwandungen ausgeübte Druck jeden Augenblick um so viel, als die elastischen Lungen der in ihnen enthaltenen Luft Widerstand entgegensetzen, geringer ist, als der auf die Aussenfläche ausgeübte Druck (§ 54). Der ungleiche Druck veranlasst es, dass die atmosphärische Luft durch eine klaffende Thoraxwunde unmittelbar in die Brusthöhle eindringt. Wenn die Luft solchergestalt von beiden Seiten her in die Brusthöhle eindringen kann, so hört das Athemholen auf, weil, sobald der Thorax sich ausdehnt, die Luft eher durch die klaffende Wunde tritt, als durch die Luftröhre, da sie auf dem letztern Wege den Widerstand der Lungen zu überwinden hat.

Fügen wir jetzt, um die Muskelkraft zu bestimmen, dem negativen Inspirationsdrucke noch 15 Millim. als Lungenwiderstand hinzu, so beträgt dieselbe (57 + 15 =) 72 Mill., wobei dann noch das Gewicht des Thorax u. s. w. zu berechnen ist; und wenn wir von dem positiven Exspirationsdrucke 20 Millim. für die Spannkraft der Lungen in Abzug bringen, so erhalten wir (87 — 20 =) 67 Millim. Wir sehen also, dass die Inspirationsmuskeln, wie es zu erwarten war, eine stärkere Wirkung ausüben können als die Exspirationsmuskeln. Dass die Wirkung beider bedeutend ist, ersehen wir in beiden Fällen, wenn wir die gefundenen Werthe des positiven und negativen Drucks mit der Oberfläche des Thorax multipliciren.

Die Elasticität der Lungen ist von grösster Bedeutung beim gewöhnlichen Athmen. Die ausgedehnten Lungen haben nämlich das Bestreben sich zusammen zu ziehen, sobald die active Ausdehnung des Thorax aufhört, und sie würden diese Tendenz zum Zusammenziehen noch weiter fortsetzen, wenn der Tonus der Inspi-

rationsmuskeln nicht hindernd entgegen stände. Deshalb ist die letzte Exspiration beim Tode eine tiefere, als die gewöhnliche Exspiration. Endlich widersteht die Brustwandung selbst einer weiterschreitenden Zusammenziehung, obwohl, wie das Eintreten von Luft bei Eröffnung des Thorax lehrt, diese Tendenz sich erhält und zwar mit einem Werthe von 6 Millim. Quecksilber. So wird also schon in Folge der Elasticität der Lungen der Inspiration die Exspiration folgen, sobald nur die active Wirkung der Inspirationsmuskeln aufgehört hat. Es wird aber die Exspiration um so eher eintreten, weil bei der activen Wirkung die Unterfläche des Zwerchfells wegen stärkerer Spannung der Gase im Magen und im Darmkanale unter einen stärkeren Druck gekommen ist. Indessen erscheint es zweifelhaft, ob diese Kraft ausreichend ist, die Luft mit der nöthigen Schnelligkeit auszutreiben; vielmehr scheint die Contraction der *Intercostales interni* beim gewöhnlichen Athemholen dazu noch mitgefordert zu werden. — Die Wirkung der Bauchmuskeln ist nur als Elasticität zu veranschlagen: durch den stärkeren Druck, welcher durch die Contraction des Zwerchfells in der Bauchhöhle entstand, haben sie sich ausgedehnt und vermöge ihrer Elasticität ziehen sie sich wiederum zusammen, wenn die Wirkung des Zwerchfells nachlässt. — Beim gewöhnlichen Inspiriren wird der Widerstand der Lungen, das Gewicht des Thorax u. s. w. durch active Muskelwirkung überwunden. Wir haben schon früher gesehen, dass hierbei das Zwerchfell und die *Intercostales externi* vorzugsweise im Spiele sind.

Krahmer (*Haeser's* Archiv 1847. Bd. 9. S. 321) brachte bei lebenden Thieren, deren Stimmritze unversehrt war, ein Manometer seitlich in die Luftröhre und beobachtete, dass die Flüssigkeit bei jeder Inspiration im aufsteigenden Schenkel fiel, bei jeder Exspiration dagegen sich hob: bei Hunden und bei einem Pferde fand er als Maximum des Exspirationsdrucks 2 bis 3 Millim. Quecksilber, und ungefähr 1 Millim. für den Inspirationsdruck. Beim Menschen ist dieses Verfahren nicht ausführbar. Deshalb befestigte *Donders* ein Manometer dergestalt in das eine Nasenloch, dass keine Luft aus- noch eintreten konnte, und athmete durch das andere Nasenloch. Der Exspirationsdruck betrug zuerst 4, der Inspirationsdruck 5 Millim. Wasser, als aber die Respiration durch das eine Nasenloch dem Bedürfniss entsprechend ausgeführt wurde, stieg jener bald auf 7 bis 8, dieser auf 9 bis 10 Millim. Unterhalb der Stimmritze wird übrigens der *Krahmer*'sche Erfund auch wohl für den Menschen Geltung haben.

Bestimmungen des möglichst starken Inspirations- und Exspirationsdruckes durch den Mund, wie sie *Valentin* (Lehrb. der Phys. 2. Ausg. Bd. 1. S. 531) mittheilte, haben keinen Werth, weil die Muskeln der Mundhöhle dabei ihren Einfluss üben. Dies hatte bereits *Hales* (Statik d. Geblütes. Halle 1748) eingesehen, und so hat dann *Hutchinson* (Art. *Thorax p.* 1061) den richtigen Weg eingeschlagen. Bei nicht weniger denn 1500 Personen aus verschiedenen Ständen hat dieser den In- und Exspirationsdruck untersucht. Der Exspirationsdruck war etwa $\frac{1}{3}$ grösser als der Inspirationsdruck: ersterer nahm mit der

Grösse der Individuen zu, wenngleich unregelmässig; letzterer soll bei Männern von 5 F. 7—8 Zoll das Maximum von 3 Zoll Engl. (= 76,2 Millim.) erreichen, und dann wieder etwas abnehmen, so dass er bei 6 Fuss Höhe nur 2½ Zoll (=63,5 Millim.) betrug. Es stehen jedoch diese Angaben nicht ganz mit den Tabellen im Einklange. Den merkwürdigsten Fall beobachtete Dr. *Andrew Smith* (Ebend. S. 1063): bei einem jungen Manne von 18 J., der 5 Fuss 6 Zoll maass, betrug der Inspirationsdruck 7 Zoll, der Exspirationsdruck 9 Zoll. Die niedrigsten Druckstände waren resp. 38 und 51 Millim. Ganz deutlich gab sich der Einfluss des Berufes auf den Quecksilberstand zu erkennen. — Ist nur wenig Luft in den Lungen, dann ist der Inspirationsdruck grösser, bei viel Luft dagegen der Exspirationsdruck. Einerseits der erste Eintritt der Muskelaction, der am wirksamsten ist, andererseits die grosse Oberfläche der Brust, welche beim Einathmen den Druck zu tragen hat, erklären diese Verschiedenheit. Bei unsern Versuchen mit Thieren, die bei beginnender Asphyxie energische Respirationsversuche machten, stellte es sich ebenfalls ganz deutlich heraus, welchen Einfluss die vorhandene Menge der Luft übt. Es wird bei diesen Versuchen ein Röhrchen, wie das Röhrchen 7 in Fig. 109 mittelst eines Korkes in die Luftröhre eingeführt und mit einem Manometer in Verbindung gesetzt. Während durch *a* geathmet wird, beobachtet man den gewöhnlichen Respirationsdruck, und sobald dann *a* geschlossen wird, tritt Erstickungsnoth ein mit den stärksten Versuchen zur In- und Exspiration.

Die Elasticität der Lungen hat *Carson* (*Philos. Transact.* 1820. *Vol.* 1. *p.* 42) zuerst untersucht, indem er ein Manometer in die Luftröhre einführte. Seine Versuche schienen vergessen zu sein, bis *Donders*, der sie ebenfalls nicht kannte, ähnliche Versuche anstellte, deren Hauptresultate oben mitgetheilt worden sind. *Donders* bestimmte zugleich den Druck, wenn bestimmte Luftmengen eingeblasen worden waren, eben sowohl wenn die Lungen frei lagen, als wenn sie nach Entfernung der Brustwand, so dass diese keinen Druck ausübte, sich *in situ* befanden. In wie weit während des Lebens neben der Elasticität auch noch der Tonus in Betracht kommt, das liess sich nicht ermitteln. Allerdings sank das Manometer unmittelbar nach dem Tode des Thieres schneller, diess konnte jedoch lediglich von der Abkühlung der Luft in den Lungen herrühren. Aehnliche Versuche an zwei Leichen erwähnt *Hutchinson* in dem Artikel *Thorax* (*p.* 1058), die in seinen frühern Schriften nicht vorkommen. Beim Eintritte der gewöhnlichen Respiration schätzt er den Widerstand der Lungen auf 7,2 Zoll Wasser (= 13,5 Millim. Quecksilber), bei möglichst starker Ausdehnung auf 20 Zoll Wasser (= 37,6 Millim. Quecksilber). Da man die Lungen in Leichen selten ganz gesund und ohne Adhäsionen findet, so ist es schwierig, hinter die volle Wahrheit zu kommen. Unsere Zahlen (7½ und 30 Millim.) sind nach den Maxima berechnet, die wir erhielten, aber doch gewiss eher zu niedrig als zu hoch. — Aehnliche Untersuchungen aus neuester Zeit erhielten wir von *Harless* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 13. 1854. S. 15).

Donders hat auf den niedrigeren Druck aufmerksam gemacht, dem die Innenfläche der Brust und die Oberfläche des Herzens in Folge des Widerstandes der elastischen Lungen unterliegen (§ 54). Die Spannung der in den Lungen enthaltenen Luft differirt beim gewöhnlichen Athmen nur wenig von jener der Atmosphäre, sie kann aber, wie wir gesehen haben, bedeutend zu- und abnehmen; stets jedoch wird der Druck auf jene Theile, denen die Lungen aufliegen, niedriger sein, und zwar um so viel, als der elastische Widerstand der Lungen beträgt, d. h. 7 Millim. Quecksilber beim gewöhnlichen Athmen und 30 Millim. nach einer möglichst tiefen Inspiration. Auffallend ist es, dass man dagegen hat Zweifel erheben können. (*Theile* in *Schmidt's* Jahrbüchern. Dec. 1850. S. 294 und Sept. 1851. S. 283.) Durch einen einfachen Versuch mit dem in Fig. 109 abgebildeten Apparate lässt sich die Richtigkeit jener Annahme aufs Bestimmteste nachweisen. In einer mit zwei Mündungen versehenen Glasglocke werden die Lungen eines Kaninchens (66), mit der Luftröhre (5) an einer Glasröhre befestigt, aufgehangen. Die Glasröhre (4) geht durch einen Kork hindurch und communicirt als verlängerte Luftröhre mit der äussern Luft. Unten ist die Glocke durch eine ringsum fest gebundene nasse Blase (2)

geschlossen, die weit genug ist, dass sie gewölbt in die Glasglocke hinauf geschoben werden kann, oder dass sie, wie in der Figur, nach unten herabhängt. In die zweite Oeffnung der Glocke kommt eine gebogene gläserne Röhre (7), die sich in zwei Arme theilt: der eine Arm (*a*) communicirt mit der äussern Luft und kann durch die Fingerspitze abgeschlossen werden; der andere Arm (b) steht mit einem Manometer (8) in Verbindung, welches mit Wasser gefüllt ist, und die Spannung der Luft in der Glocke angiebt. Will man den Versuch anstellen, bringt man die Blase, welche dem Zwerchfell entspricht, nach oben in die Glokke, während der Arm *a* offen steht, und es entweicht somit Luft aus der Glocke. Die Lungen sind jetzt zusammengefallen; die Luft in den Lungen und in der Glocke besitzt gleiche Spannung und das Wasser hat in beiden Schenkeln des Manometers gleichen Stand. Hierauf wird die Oeffnung des Armes *a* durch den aufgesetzten Finger geschlossen, und die Blase zieht man nach unten oder man hängt ihr ein Gewicht (3) an: in diesem Augenblicke füllen sich die Lungen mit Luft und im absteigenden Schenkel des Manometers hebt sich das Wasser bis *c*. Die Spannung der Luft in der Glocke beträgt also jetzt nicht mehr eine ganze Atmosphäre: der Unterschied wird um so grösser, je mehr die Lungen ausgedehnt sind, er wird nämlich dem Widerstande gleich, und dieser lässt sich auch direct bestimmen. Zu diesem Ende setzt man mit der Röhre 4 ein Manometer in Verbindung und nimmt dann von dem Arme *a* den Finger weg. Durch diesen tritt nun die Luft, d. h. Eine Atmosphäre in die Glocke, und in dem nämlichen Augenblicke bekommt die Luft in den Lungen, wie an dem damit verbundenen Manometer zu ersehen ist, eine Spannung, welche die der Atmosphäre fast um soviel übertrifft, als die Luft in der Glocke ursprünglich unter dem Drucke einer Atmosphäre zurückblieb. Die Differenz fällt um eine Kleinigkeit geringer aus wegen der unvollkommenen Elasticität der Lungen, da diese Organe wegen der Verdichtung der Luft etwas zusammenfallen und mithin ihre volle Kraft nicht mehr zu äussern im Stande sind. — Die hier benutzte Glocke enthält Luft, nicht aber die Pleurahöhle. Dies bedingt jedoch keinen wesentlichen Unterschied: der Druck in einer geschlossenen Höhle muss nach der Spannung gemessen werden, welcher die Luft in einer solchen

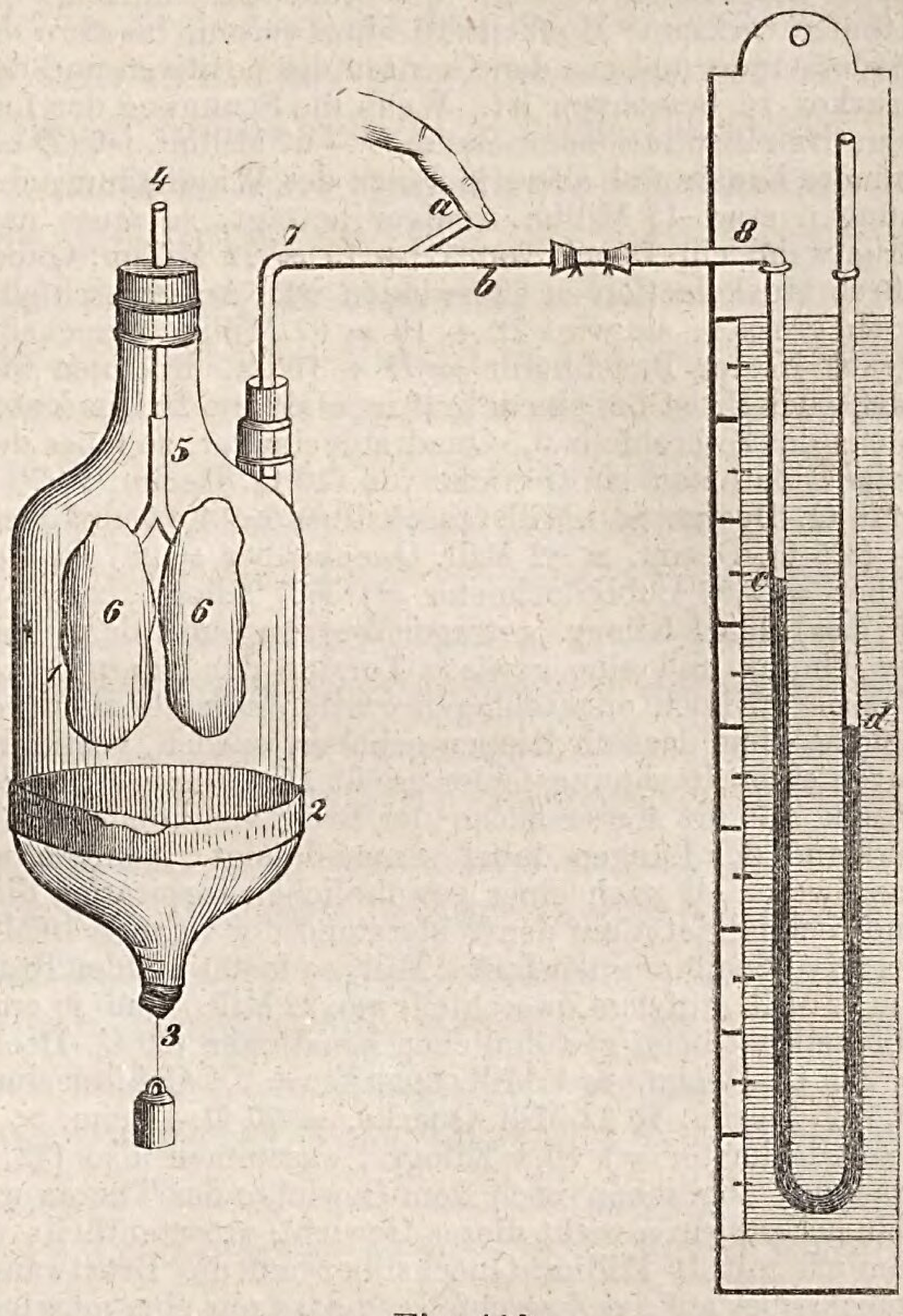


Fig. 109.

Fig. 109. Apparat zur Versinnlichung der Druckverhältnisse der Lungen.

Höhle ausgesetzt ist. Kommt aber während des Lebens etwas Luft in die Brusthöhle, dann bleiben alle Verhältnisse einander gleich.

Die Bedeutung der Elasticität der Lungen und des Tonus der Luftwege (s. *Henle* über Tonus, Krampf und Lähmung der Bronchien und über Expectoration in: Zeitschrift für rat. Med. Bd. 1. S. 249) für die Respiration erhellt aus dem Mitgetheilten schon hinlänglich, und ihr Einfluss auf den Kreislauf (§ 17 und 54), sowie auf die Bewegung der Lymphe (§ 126) ist auch schon früher besprochen worden. Wir brauchen demnach hier nur noch auf die beim Athmen wirksame Muskelkraft hinzuweisen, insofern diese aus dem genannten Widerstande und aus den Grenzen des positiven und des negativen Athmungsdruckes zu berechnen ist. Wenn die Spannung der Luft in den Lungen beim negativen Inspirationsdrucke $= D - 57$ Millim. ist ($D = 1$ Atmosphäre), auf die innnere Brustwand aber, in Folge des Widerstandes der mässig ausgedehnten Lungen etwa 15 Millim. weniger beträgt, so muss natürlich auf der äussern Brustwand ein Druck von $57 + 15 = 72$ Millim. Quecksilber lasten, welcher durch Muskelaction zu überwinden ist. Am Zwerchfelle ist die Druckdifferenz noch grösser; sie wird $72 + 10 = 82$ Millim. Quecksilber betragen, wenn der Druck in der Bauchhöhle $= D + 10$ ist. Rechnen wir nämlich auf die Oberfläche der Brust bei einem kräftigen Manne 20 Quadratdecimeter, auf die Oberfläche des Zwerchfells 3,5 Quadratdecimeter, so muss durch die Muskelwirkung beim Einathmen ein Gewicht von (20 Q.-Decim. $\times$ 72 Millim. Quecksilber = 1440 Q.-Decim. $\times$ 1 Mill. Quecksilber = 14,4 Cubikdecimeter =) 194,4 Kilogr. + (3,5 Q.-Decim. $\times$ 82 Mill. Quecksilber = 287 Q.-Decim. $\times$ 1 Mill. Quecksilber = 2,87 Cubikdecimeter =) 38,7 Kilogr., zusammen also von (194,4 + 38,7 =) 233,1 Kilogr. getragen werden, und dazu kommt noch das Gewicht des Thorax und eine gewisse Torsion der Knorpel, welche letztere von *Hutchinson* zu hoch angeschlagen wurde, indem er sie durch Lufteinblasen an der Leiche, ohne dass die Rippen gehoben wurden, bestimmte. Hauptsächlich aber durch einen Rechnungsfehler erhält *Hutchinson* (Art. *Thorax p.* 1063) für den Druck auf die Aussenfläche der Brust viel höhere Zahlen, obwohl er den Widerstand der Lungen dabei vernachlässigt. Nehmen wir für den Thorax und das Zwerchfell nach einer gewöhnlichen Inspiration die nämlichen Maasse an, und rechnen jetzt auf den Widerstand der Lungen 10 Mill. Quecksilber, auf die negative Spannung der Luft 2 Mill, so lastet auf den Brustwandungen ein Druck von 12 Mill., auf dem Zwerchfelle von 22 Mill., und so ergiebt sich als geforderte Muskelkraft beim gewöhnlichen Einathmen (20 Q.-Decim. $\times$ 12 Mill. Quecks. = 240 Q.-Decim. $\times$ 1 Mill. Quecks. = 2,4 Cubikdecimeter =) 32,4 Kilogr. + (3,5 Q.-Decim. $\times$ 22 Mill. Quecks. = 77 Q.-Decim. $\times$ 1 Mill. Quecks. = 0,77 Cubikdecimeter =) 10,4 Kilogr., zusammen also (32,4 + 10,4 =) 42,8 Kilogramme, abgesehen noch vom Gewichte des Thorax u. s. w. — Beim gewöhnlichen Exspiriren wirkt dieses Gewicht grösstentheils als Elasticität, anfangs nämlich mit 10 Millim. Quecksilber auf die Brustwandungen, mit 20 Millim. Quecksilber auf das Zwerchfell, so dass nur eine mässige active Muskelwirkung beim Exspiriren nöthig ist. Beim stärksten Exspiriren hingegen steht der Aufwand von Muskelkraft nicht viel hinter jenem bei der kräftigsten Inspiration zurück. Ziehen wir nämlich vom mittlern stärksten Exspirationsdrucke, also von 87 Millim. Quecksilber für die unterstützende Contraction der Lungen bei diesem Grade von Brustausdehnung 20 Millim. ab, so bleibt als Muskelkraft ein Druck von 67 Millim. auf die ganze Brustwandung und auf das Zwerchfel. übrig, folglich also (20 + 3,5 Q.-Decim. = 23,5 Q.-Decim. $\times$ 67 Mill. Quecksl = 1574,5 Q.-Decim. $\times$ 1 Mill. Quecks. = 15,745 Cubikdecimeter =) 212,56 Kilogramme, wovon indessen die elastische Spannung der Rippenknorpel und das Gewicht des Thorax noch abgezogen werden müssen.

§ 144. Abweichungen im Mechanismus des Athmens.

Die Respiration erfolgt nicht immer ganz regelmässig. Schon im normalen Zustande zeigen sich dann und wann Abweichungen im Mechanismus des Athmens, die hier kurz erwähnt werden müssen.

Die meisten von diesen Athmungsabweichungen treten willkürlich ein. Das Seufzen ist ein langsames ganz tiefes Ein- und Ausathmen, welches, zumal bei der Erinnerung an etwas Schmerzliches, bei vielen unwillkürlich sich einstellt. — Ein weit tieferes Einathmen, mit weit geöffnetem Munde, findet beim Gähnen statt, wodurch sich in der Regel Langeweile oder Schläfrigkeit kund giebt. Der Gaumen stellt sich dabei ganz horizontal, und die Exspiration wird in der Regel rascher vollendet, als die Inspiration. — Das Schluchzen besteht in einer krampfhaften Contraction des Zwerchfells, die ganz plötzlich eintritt, den gesammten Körper erschüttert und sich von Zeit zu Zeit wiederholt. Das schnelle Eindringen von Luft erzeugt hierbei im Rachen und in der Stimmritze jenes bekannte Geräusch. — Beim Lachen geht die Exspiration mit schnell auf einander folgender Verengerung und Erweiterung der Stimmritze vor sich. Bei jeder Verengerung entsteht ein stossendes Geräusch, wobei auch der weiche Gaumen mit erzittert. In der Regel lacht man mit geöffnetem Munde; ist es aber nicht zu stark, dann kann der Mund geschlossen bleiben und die Luft durch die Nase austreten. Um das Lachen anzuhalten, hält man das Athmen an; es kommt aber dann nicht selten zu einem kräftigen unwillkürlichen Lachen, so dass man herausplatzt und die Lippen aus einander getrieben werden. Die Mundwinkel werden beim Lachen nach aussen gezogen. — Beim Weinen erschlaffen die Gesichtsmuskeln und die Thränenabsonderung nimmt zu, die Inspiration ist in der Regel rasch und tief, die Exspiration langsamer und bei verengerter Stimmritze häufig mit einem klagenden Geräusche verbunden. Bei fortgesetztem Weinen gesellt sich Krampf des Zwerchfells und der Kehlkopfmuskeln hinzu, so dass endlich auch Schluchzen entsteht. — Das Niesen entsteht reflectorisch durch Reizung der Gefühlsnerven der Nasenschleimhaut. Das erste beim Niesen ist eine rasche und tiefe Inspiration, auf welche meistens eine sehr kräftige Exspiration folgt, die das eigentliche Niesen darstellt. Damit verbindet sich eine Erschütterung des ganzen Körpers. Ist der Mund geschlossen, so werden auch Schleim und andere Substanzen durch den kraftvollen Luftstrom mit fortgerissen. Reibt man die äussere Nase oder drückt man die Zunge an den vorderen Theil des harten Gaumens, dann vermag man dem drohenden Niesen oftmals vorzubeugen. — Beim Husten folgt auf eine tiefere Inspiration ein kräftiger Exspirationsstoss oder auch mehrere Exspirationsstösse. Wegen krampfhafter Verschliessung der Stimmritze kommt die Luft

dabei unter einen hohen Druck, und ist der Krampf heftig, dann kann selbst Erstickungsgefahr drohen. Das Husten tritt in der Regel unwillkürlich ein als Reflexion von Reizungen der Luftwege; es kann aber auch halb oder ganz willkürlich hervorgerufen werden und bewirkt das Austreiben von Schleim und von andern Substanzen aus den Luftwegen.

Das Räuspern, das Schnäuzen und das Gurgeln sind ganz willkürliche Bewegungen. — Beim Räuspern wird die Luft zwischen der Zungenwurzel und dem weichen Gaumen schnell durchgetrieben und zugleich bewegt sich der letztere von hinten nach vorn, wodurch Substanzen aus dem Rachen in die Mundhöhle geführt werden. — Beim Schnäuzen wird ein kräftiger Luftstrom durch die verengten Nasenlöcher getrieben und damit werden die in der Nase vorhandenen Substanzen entfernt. — Beim Gurgeln wird Luft zwischen der Zunge und dem weichen Gaumen herausgetrieben, so dass sie durch die Flüssigkeit dringt, welche bei der Zurückbeugung des Kopfes auf dem letzteren ruht. Treibt der Luftstrom die Flüssigkeit nicht zurück, so tritt diese in den Schlundkopf über oder auch wohl in den Kehlkopf und es entsteht Husten.

Das Schnarchen ist keine Modification des Athmens, sondern nur ein Nebengeräusch. Es entsteht, wenn durch den Mund in- und exspirirt wird, durch eine Erzitterung des weichen Gaumens, wenn der Raum zwischen Gaumen und Zunge nur unbedeutend ist.

B. Hautabsonderung.

Krause, Art. Haut in *Wagner's* Handwörterbuche. Bd. 2. S. 108.

§ 145. Uebersicht und Eintheilung.

Die Verrichtung der Haut ist in mehr denn Einer Hinsicht eine bedeutsame. Zuvörderst ist sie das Organ des Gefühls und als solches kommt sie bei den Sinnesorganen zur Erörterung. Zweitens werden durch die Haut Substanzen abgeschieden, theils auf nicht sichtbare Weise als *Perspiratio insensibilis*, theils als Schweiss und Hautschmiere. Endlich findet auch Aufsaugung in der Haut statt. Es wird nämlich Sauerstoff aufgenommen, der, gleichwie in den eigentlichen Respirationsorganen, vorzüglich mit Kohlensäure in Austausch tritt, ausserdem aber dringen auch noch viele andere Stoffe, welche mit der Oberfläche der Haut in Berührung kommen durch Aufsaugung in das Blut ein.

Hier haben wir die Absonderung der Haut zu betrachten und auch ihre Aufsaugung. Die Kenntniss des Baues der Haut im Allgemeinen und ihrer Drüsen im Besondern muss die Grundlage bilden. Der Reihe nach werden wir daher betrachten:

1) die Zusammensetzung der Haut im Allgemeinen;

2) den Bau der verschiedenen Hautdrüsen und deren Absonderung;

3) die unsichtbare Hautausdünstung und die Hautabsorption.

Erstes Kapitel.

Anatomische Zusammensetzung der Haut.

Kölliker, Mikroskopische Anatomie. Bd. 2. S. 1—79. (Diese ausgezeichnete Abhandlung giebt die Literatur vollständig und ist reich an eignen Untersuchungen.)

§ 146 Uebersicht der anatomischen Zusammensetzung.

Die Hautbedeckungen (*Integumenta communia*) sind aus verschiedenen Schichten zusammengesetzt (Fig. 110). Ueberall kann man unterscheiden: 1) die Oberhaut (*A*), welche aus älteren (*a*) und aus jüngeren (*b*) verhornten Zellen besteht, und 2) die eigentliche Haut (*Cutis, Derma*) (*B*), welche aus dichten Bündeln von Bindegewebsfasern besteht, aber mit zahlreichen elastischen Fasern durchwebt ist und eine feste elastische Schicht (*d*) bildet, auf deren Oberfläche sich warzenförmige Erhabenheiten

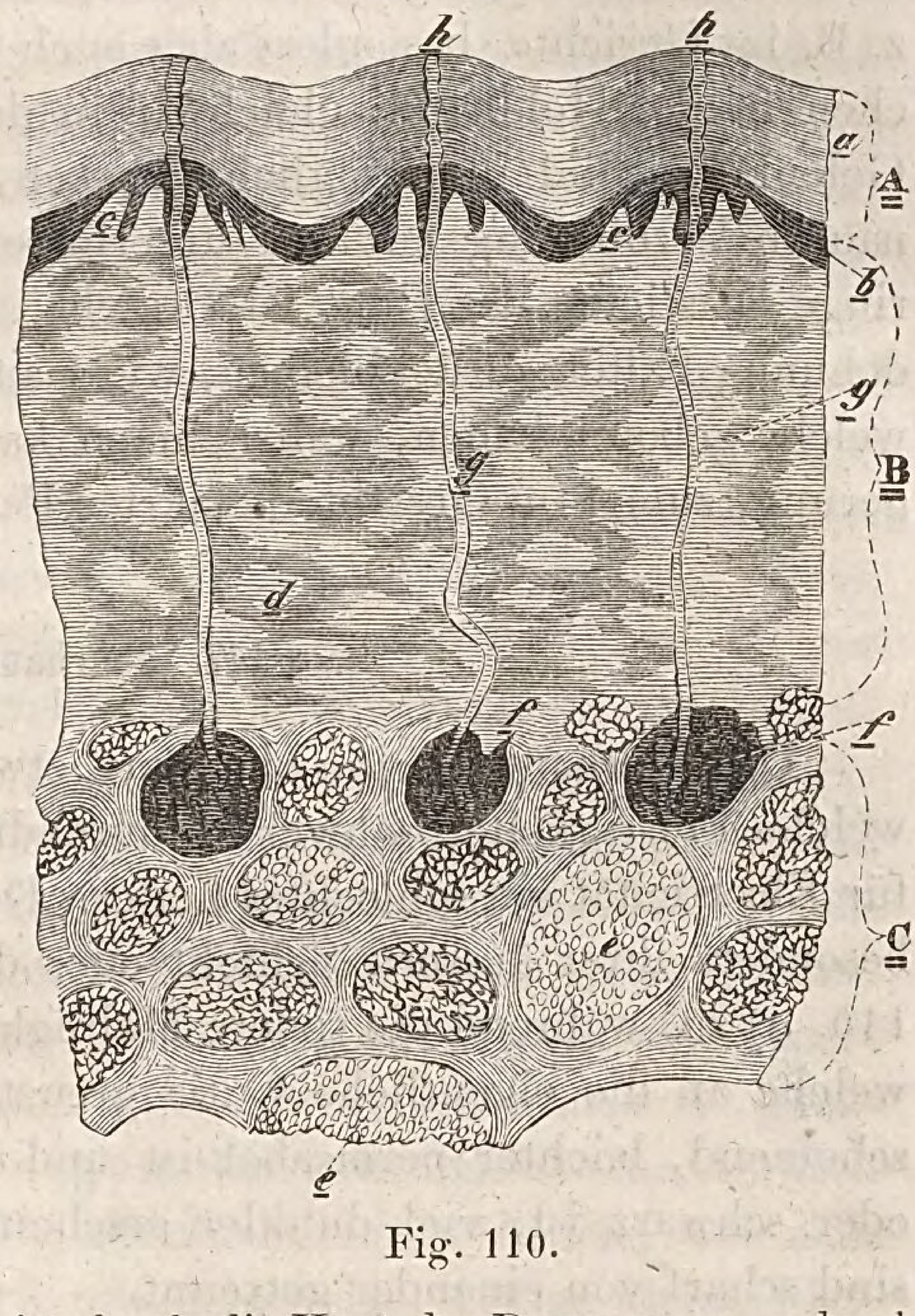


Fig. 110.

Fig. 110. Senkrechter Schnitt durch die Haut des Daumens, quer durch die Cutisleistchen, in 20facher Vergrösserung; nach *Kölliker*. *A Epidermis* mit den ältern (*a*) und jüngern (*b*) Zellenschichten. *B Corium* mit den Papillen (*c*). *C* Unterhautbindegewebe mit Fettklümpchen (*e*) und Schweissdrüschen (*f*), deren Ausführungsgänge (*g*) sich an der Oberfläche der Epidermis als Hautporen (*h*) öffnen.

(*c*), die sogenannten Papillen erheben. An den meisten Stellen kommt unter dieser festen Haut ein lockeres Bindegewebe (*C*) vor, welches in der Regel viel Fett (*e*) enthält, und als Unterhautbindegewebe (*Tela cellularis subcutanea*) bezeichnet wird; es geht ohne scharfe Grenzen in die eigentliche Haut über und verbindet diese mit den unterliegenden Theilen. Wo dieses Gewebe locker und in grosser Menge vorhanden ist, da zeichnet sich die Haut durch Verschiebbarkeit aus.

In der Cutis kommen an den behaarten Stellen Talgdrüschen vor und ausserdem fast überall Schweissdrüschen (*f*) mit langen Ausführungsgängen (*g*), die sich auf der Epidermis als Schweissporen (*h*) öffnen. Als Anhänge der Haut kommen noch Haare und Nägel vor.

An verschiedenen Stellen zeigt die Haut mehr oder weniger entwickelte Gruben und Falten. Zum Theil entstehen dieselben durch die Bewegungen der Gliedmassen oder der Haut selbst, z. B. im Gesichte, besonders aber auch in der Hohlhand. Die Furchen in der Hohlhand, gleichwie in der Fusssohle und an einigen Gelenken, sind ursprünglich gegeben und rühren von einer genauern Verbindung mit den unterliegenden Theilen her. Die geringe Elasticität der Haut ist Ursache, dass nach vorgängiger Ausdehnung Falten zurückbleiben, wie man am Unterleibe von Frauen, welche geboren haben, wahrnehmen kann, und eben so bei Abmagerung, zumal im Gesichte bejahrter Personen.

§ 147. Oberhaut.

Die Oberhaut ist eine biegsame, etwas elastische Schicht, durch welche Flüssigkeiten schwer hindurchdringen, und für Wärme wie für Electricität ein schlechter Leiter. Diese Eigenschaften kommen besonders ihrer äussern Schicht oder dem *Stratum corneum* (Fig. 110. *a*) zu, während die tiefere Malpighi'sche Schicht (Fig. 110. *b*), welche an die eigentliche Cutis grenzt, weicher, weniger durchscheinend, leichter permeabel ist und da, wo die Hautfarbe braun oder schwarz ist, viel dunkler erscheint. Diese beiden Schichten sind scharf von einander getrennt.

Die Dicke der ganzen Epidermis ist sehr verschieden. Im Gesichte beträgt sie nicht über $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{25}$ Millimeter, in der Hohlhand erreicht sie fast 1 Millim., in der Fusssohle mehr denn 2 Millimeter. Im Allgemeinen ist die Epidermis an der Beugeseite dünner als an

der Streckseite. An den dünnern Partieen gehört in der Regel der grösste Theil zum *Stratum Malpighi*; bei grösserer Dicke dagegen überwiegt immer die hornige Schicht.

Beide Schichten bestehen nur aus Zellen und es kommen weder Gefässe noch Nerven in der Epidermis vor. Die tiefsten Zellen sind die zuletzt gebildeten, die oberflächlichen dagegen sind die ältesten. Fortwährend entstehen neue Zellen im Malpighi'schen Netze und an der freien Oberfläche werden verhornte Zellen abgestossen. Obwohl nun aber die Zellen der Malpighi'schen Schicht allmählig in solche der verhornten Schicht übergehen, so sind doch beide Schichten ziemlich scharf von einander abgegrenzt. — Die Innenfläche der Malpighi'schen Schicht liegt unmittelbar auf der Cutis, und die Hervorragungen der letztern bilden an ihr Vertiefungen, die Gruben aber Hervorragungen. Beiderlei ist an der Aussenfläche der Malpighi'schen Schicht schon weniger stark ausgeprägt, und an der freien Fläche der hornigen Schicht bemerkt man nur wenig von den Hautwärzchen, wenn sie nicht, wie an der Hohlhand und an der Fusssohle, reihenförmig geordnet sind. Die Membran der Zellen in der Malpighi'schen Schicht ist sehr dünn, zart und durchscheinend, der Inhalt ist ziemlich flüssig und feinkörnig; alle Zellen besitzen aber einen Kern. Die Gestalt der Zellen ist verschieden in den auf einander folgenden Schichten. An die Cutis stösst an den meisten Stellen eine Schicht länglicher Zellen, welche $\frac{1}{150}$ bis $\frac{1}{75}$ Millim. Länge auf $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{60}$ Millim. Breite besitzen und mit dem Längsdurchmesser senkrecht zur Oberfläche stehen. Diese Schicht ist offenbar in festerer Verbindung mit der Haut, als mit den nach aussen folgenden Schichten kleinerer rundlicher Zellen, zwischen denen eine geringe Menge von körniger Intercellularsubstanz sich befindet. Diese letztere fehlt zwischen den mehr und mehr abgeplatteten, eckigen Zellen, welche an die hornige Schicht angrenzen und auf $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{30}$ Millim. Breite nur $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{60}$ Millim. Dicke haben. Dabei sind ihre Kerne kleiner und mehr abgeplattet geworden, und in der hornigen Schicht verschwinden sie gänzlich. — Die Zellen der hornigen Schicht haben eine deutlich geschichtete Anordnung. Die oberflächlichsten Zellen, wie man sie durch Schaben erhält, sind unregelmässige, eckige kleine Platten. Auf Durchschnitten sieht man aber, zumal wo die Epidermis dick ist, dass an ihre Stelle in den tieferen Schichten regelmässig abgeplattete Zellen treten, welche auf Durchschnitten eine mehr oder weniger rautenförmige Gestalt besitzen. Ist man über ihre

Zellennatur in Zweifel, so braucht man nur Aetzkali oder Aetznatron zuzusetzen. Hierdurch schwellen sie nämlich schnell zu ellipsoidischen Bläschen auf, die in den äussern Schichten meistens etwas grösser sind als in den innern, und setzt man Essigsäure zu, so entsteht in diesen Bläschen ein körniger Niederschlag, welcher in einem Uebermaass von Essigsäure verschwindet. (Vgl. § 65.) In den tiefsten Schichten des *Stratum corneum* haben die Zellen häufig noch Kerne, die aber im Alkali schnell verschwinden. Die Zellen des *Rete Malpighi* lösen sich in den genannten Alkalien alsbald vollständig auf; nur die unterste Schicht, zumal auf den Papillen, widersteht etwas länger und wird deshalb durch eine schwache Natronauflösung am besten sichtbar. Bei gewöhnlicher Temperatur äussert Essigsäure nur einen geringen Einfluss auf die Hornzellen; durch fortgesetztes Kochen in Essigsäure schwellen sie zu hohlen ellipsoidischen Bläschen auf (*Kölliker*). Beim Kochen mit Salzsäure nehmen sie sehr rasch diese Gestalt an. Durch starke Schwefelsäure isoliren sich die Zellen leicht von einander, durch Salpetersäure werden sie gelb (Xanthoproteinsäure); im kochenden Zustande wirken beide Säuren rasch auflösend. Alle diese Substanzen dringen leicht durch die Epidermis, während namentlich das *Stratum corneum* für die meisten andern nicht flüchtigen Stoffe ziemlich impermeabel ist (*Krause*); sogar warmes Wasser dringt nur sehr langsam in das Gewebe der Epidermis ein.

In den ersten Tagen nach der Geburt wird die Oberhaut in der Form grösserer Lappen oder kleinerer Schuppen abgestossen, und darunter ist bereits eine neugeformte Oberhaut sichtbar. Das Nämliche geschieht nach vielen exanthematischen Krankheiten. Ausserdem findet aber eine beständige Abschilferung der oberflächlichen Zellen statt, und wenn man eine Binde ein Paar Tage lang um einen Körpertheil liegen lässt, dann sammeln sie sich darunter als feines Pulver an. Die Menge dieser Abschilferung ist nicht bekannt. Wird aber die ganze hornige Schicht durch Bildung von Blasen abgestossen, so hat sich dieselbe nach wenigen Tagen wiederum in der ganzen Dicke hergestellt. Der Abstossung geht eine Neubildung im *Rete Malpighi* parallel. Wahrscheinlich findet nämlich eine endogene Zellenbildung in der tiefsten Zellenschicht statt und ein Hervortreten kleiner rundlicher Zellen aus den cylinderförmigen. Uebrigens hat man die auf einander folgenden Entwickelungsformen vor Augen, wenn man die Zellen in ihrer Lagerung von innen nach aussen vergleicht, und deshalb ist eine ausführliche

Beschreibung überflüssig. Beachtenswerth ist es aber, dass die Grenze zwischen dem *Rete Malpighi* und der hornigen Schicht an den meisten Stellen scharf hervortritt. Der Verhornungsprocess muss also ziemlich schnell zu Stande kommen, sobald sich die Zellen erst in einer gewissen Entfernung von der Lederhaut befinden, aus deren Gefässen die durchdringende Ernährungsflüssigkeit für die Epidermis stammt. Die Verhornung besteht in einer Veränderung der Zellmembran, so dass dieselbe den Alkalien und den Säuren kräftiger widersteht, und in einer Vertrocknung des Inhalts, so dass dieser in kalter Essigsäure unlöslich wird, in Alkalien dagegen löslich bleibt. Bemerkenswerth ist es, dass dabei die Kerne in der hornigen Schicht verschwinden, während sie in den meisten andern Horngeweben sich erhalten.

Ueber die Färbung der *Epidermis* hat *Krause* (a. a. O. S. 118) ausführlich gehandelt; ihre Dicke ist von *Kölliker* (a. a. O. S. 51 u. 54) genau untersucht worden. Sowohl an der Brustwarze, am Hofe derselben, in der *Regio pubis*, an den grossen Schaamlippen, am Scrotum, an der Ruthe und an einzelnen mehr zufälligen Localitäten, als in der Haut des Negers rührt die dunkle Färbung von Pigment im *Rete Malpighi* her, das in vielen Fällen nur in der untersten Zellenschicht vorkommt. (*Henle, Symbolae ad Anatomiam villorum intestinalium. Berol.* 1837. *p.* 6.) Meistens sind die Kerne am dunkelsten gefärbt; manchmal ist körniges Pigment um die Kerne und in den Zellen abgelagert (*Krause*). Je mehr man sich der Oberfläche nähert, um so mehr nimmt die dunkle Färbung ab, und selbst in der Haut des Negers hat die hornige Schicht nur eine hellgelbe Färbung.

Die unterste Schicht von cylinderförmigen Zellen im *Rete Malpighi* hat *Kölliker* zuerst gut beschrieben. Früher nahm man allgemein eine structurlose Schicht an, auf dieser eine Schicht von Kernen, worauf dann kleinere und grössere Zellen folgen sollten, und man construirte die Entwickelung von der verbundenen Oberfläche aus nach dem *Schwann*'schen Schema. Man nimmt diese Schicht von cylinderförmigen Zellen leicht wahr, wo die Oberhaut dick ist; an vielen andern Stellen indessen vermochten wir uns von ihrem Vorhandensein nicht immer zu überzeugen, auch nachdem eine schwache Natronsolution zugesetzt war. Von einer *Substantia intercellularis* zwischen den Zellen bemerkt man in der Regel nichts. Auf gelungenen dünnen Durchschnitten des *Rete Malpighi* sahen wir aber in geringer Menge eine körnige Zwischensubstanz, die in der hornigen Schicht durchaus fehlt.

Die Vermehrung der Zellen ist noch nicht recht aufgeklärt. Zwar fehlt es nicht an Beobachtungen von zwei Kernen, von eingeschnürten Kernen und von vollkommenen kernhaltigen Zellen innerhalb Epithelialzellen (*Kölliker* S. 67); aber gerade das *Stratum Malpighi* der Oberhaut giebt in dieser Beziehung nur wenig Aufschluss. Am wahrscheinlichsten ist es nach unserem Dafürhalten, dass sich in den Zellen der tiefsten Schicht kleine runde Zellen bilden, welche ausgestossen werden. Die Zellen dieser untersten Schicht nämlich hängen inniger mit der Cutis als mit den runden Zellen des *Rete Malpighi* zusammen und sie widerstehen der Einwirkung von Alkalien besser als diese. In keinem Falle können sie daher die zuletzt entstandenen Zellen sein und wahrscheinlich werden sie niemals abgestossen. Da in den rundlichen Zellen des *Rete Malpighi* weder endogene Zellenbildung noch Theilung vorkommt, so erscheint es uns, mit Rücksichtnahme auf das Austreten bläschenförmiger Kerne aus den cylinderförmigen Zellen des Darms, zulässig, dass junge Zellen aus dieser untersten Schicht ausgestossen werden. Zu dieser Auffassung stimmt auch die

Pigmentanhäufung in den tiefsten Zellen, da mit jeder ausgestossenen Zelle nur wenig Pigment nach aussen zu treten braucht. — *Kölliker* macht die Neubildung von Zellen einigermaassen abhängig von der Zellenabstossung. Trotz der Analogien, auf welche sich *Kölliker* hier beruft und denen er im Allgemeinen so abhold ist, können wir diese Ansicht nicht theilen. Die Abschilferung, welche bei Bedeckung der Epidermis aufs Deutlichste wahrgenommen wird, scheint uns entscheidend zu sein. Unstreitig besteht ein Zusammenhang zwischen der Abstossung und der Neubildung, und wo die Abstossung fehlt, wie es *Kölliker* für den äussern Gehörgang und für das Trommelfell annimmt, da ist an keine Neubildung zu denken. Doch können wir darin keinen hinreichenden Grund finden, die Neubildung von der Abschilferung abhängen zu lassen, wofür wir kaum eine Erklärung zu finden vermöchten. — Eine gänzliche Abstossung der Oberhaut tritt ein, wenn periodisch durch Congestion oder durch andere Ursachen ein reicheres (und dabei verändertes) Plasma geliefert wurde, als zur Bildung neuer Zellen verbraucht werden konnte, so dass dieses weniger vollkommen organisirte Plasma eine Zusammenhangstrennung der Schichten herbeiführt. Durch Druck entsteht eine Verdickung der Oberhaut, vielleicht deshalb, weil bereits die jüngeren Zellen sich genauer mit einander verbinden.

Die Einwirkung verschiedener chemischer Reagentien wurde besonders von *Donders* und *Mulder* (Physiologische Chemie S. 548 und Holländ. Beiträge Bd. 1. S. 39) geprüft, und *Kölliker* (S. 59) hat ihre Angaben theils bestätigt, theils erweitert.

§ 148. Lederhaut und Unterhautbindegewebe.

Die eigentliche Haut oder die Lederhaut (*Corium, Derma*) ist eine feste, ausdehnbare, ziemlich elastische Haut. An den meisten Stellen ist sie $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millim. dick; die Extreme sind $\frac{1}{12}$ und 3 Millimeter. Auf der Hinterseite des Rumpfs ist sie dicker als auf der Vorderseite, auch ist sie an der Streckseite der Gliedmassen dicker als an der Beugeseite, ausgenommen die Hohlhand und die Fusssohle, welche bei weitem die dickste Haut besitzen. Am dünnsten ($\frac{1}{12}$ Millim.) ist sie im äussern Gehörgange, an den Augenlidern, den Lippen, der *Glans penis* und *clitoridis*, nur wenig dicker an der Vorhaut, an der Ruthe, am Scrotum, an den grossen und kleinen Schamlippen, im Hofe der Brustwarze, am Ohre und am Rücken der Nase; an den Gliedmassen, an Brust, Bauch und Vorderseite des Halses, an der Stirn, den Wangen und am behaarten Theile des Kopfs kann sie schon 1 Millim. erreichen, und darüber hinaus geht die Haut des Rückens, des Kinns, des behaarten Theils der Ober- und Unterlippe, der Nasenflügel, der Fusssohle und des Gesässes; die grösste Dicke endlich (2 bis 3 Millim.) erreicht die Haut an der Ferse. Bei Kindern und bei Frauen ist die Haut am dünnsten; dem strengen Wetter ausgesetzt wird sie dicker. Ungewöhnlich dick fand *Krause* die Haut des Negers.

Die Hauptmasse der Haut besteht aus dicken, netzförmig verbundenen Bindegewebsbündeln, die an der innern Seite die grössten

Maschenräume zwischen sich lassen, welche zum Theil mit Fettgewebe erfüllt sind. Nach aussen werden die Maschen kleiner und die netzförmig verbundenen Bündel verlieren an Deutlichkeit. Auf der Oberfläche gehen von dem eigentlichen Hautgewebe unmittelbar die Gefühlswärzchen aus, die an der Hohlhand und an der Fusssohle sehr zahlreich und reihenförmig geordnet sind. In diesen Papillen fehlen nicht nur die netzförmig verbundenen Bündel, meistens ist auch das Bindegewebe in denselben formlos und es kommen nur Spuren elastischer Fasern darin vor. Dicht unter den Papillen bilden die elastischen Fasern schon zusammenhängende Netze, die in der tiefern Partie aus dickeren Fasern mit weiteren Maschen gebildet sind. — Man hat an der Haut eine oberflächliche Schicht (*Pars papillaris*) und eine tiefere Schicht (*Pars reticularis*) unterschieden. Die Verschiedenheiten beider sind aus dem Vorstehenden bereits zu entnehmen; eine scharfe Grenze beider giebt es aber nicht.

An den meisten Punkten des Körpers, die Hohlhand und die Fusssohle, die Rückenseite der letzten Finger- und Zehenglieder, die Lippen, den Brustwarzenhof, die Eichel und die Vorhaut ausgenommen, kommen in grössern oder kleinern Abständen dickere oder dünnere Haare vor, die alle von einer doppelten Wurzelscheide, einer Fortsetzung der Epidermis umgeben werden, und in einer schiefen Richtung in einer scheinbaren Einstülpung der Haut, dem Haarbalge (*Folliculus pili*) befestigt sind. Bei den gröberen Haaren reicht der Haarbalg bis ins Unterhautbindegewebe und überall besteht derselbe aus drei Schichten, deren äusserste unmittelbar mit dem Corium zusammenhängt. — Meistentheils in Verbindung mit den Haarbälgen kommen in der Haut mehr oder weniger zusammengesetzte Drüschen vor, die sogenannten Talgdrüschen (*Glandulae sebaceae*). Sie werden von Bündelchen von Faserzellen umgeben, die aus dem obersten Theile der Haut entspringen und sich gleich hinter diesen Drüschen am Haarbalge inseriren. — Eine zweite Art von Drüsen, die Schweissdrüsen (*Glandulae sudoriferae*) besteht aus gewundenen Drüsenkanälchen; diese kommen fast überall in der Tiefe der Lederhaut vor und besitzen Ausführungsgänge, welche die Lederhaut und die Oberhaut durchsetzen und an der Oberfläche der Haut als Schweissporen endigen. Diese beiden Arten von Drüsen werden im folgenden Kapitel näher besprochen.

Das Unterhautbindegewebe besteht aus Bindegewebsbündeln und sparsamen elastischen Fasern, in dessen Zwischenräumen an

den meisten Stellen viel Fett vorkommt, und davon führt es auch den Namen *Panniculus adiposus.* Unterhalb des *Panniculus adiposus* findet sich noch etwas fettloses Bindegewebe. An manchen Stellen, namentlich am Scrotum (*Tunica dartos*), am Penis, an der Vorhaut, ausserdem an der Brustwarze und im Warzenhofe, zumal bei der Frau, kommen daneben noch Bündel von Faserzellen vor. Diese bilden in der Dartos eine recht ansehnliche Schicht. Im Warzenhofe und an der Warze schliessen sie sich unmittelbar ans eigentliche Corium an, zu dem sie grösstentheils gehören. Das Unterhautbindegewebe bildet an den verschiedenen Stellen des Körpers eine ungleich dicke Schicht, und dieselbe ist auch nach Alter, Geschlecht und Individualität verschieden. Das fettlose Bindegewebe der Augenlider und des Ohres ist nach *Krause* reichlich $\frac{1}{2}$ Millim. dick; am Penis ist es $\frac{2}{3}$, am Scrotum $1\frac{1}{3}$ Millim. dick. Am Schädel, an der Nase, am Halse, am Hand- und Fussrücken, am Knie und am Ellenbogen hat der *Panniculus adiposus* gut 2 Millim. Dicke. An den meisten andern Stellen erreicht er 4 bis 13 Millim. und bei wohlbeleibten Individuen kann er mehrere Centimeter betragen, bei magern aber auch unter 2 Millim. herabsinken. Im tiefsten Theile des Unterhautbindegewebes fehlt das Fett. Ist das Unterhautbindegewebe mit den unterliegenden Theilen nur lose verbunden, wie am Halse, am Rumpfe, an den Gliedmassen, an der Rückenseite von Hand und Fuss, besonders aber an den Augenlidern, am Penis, am Scrotum, an der Streckseite der Gelenke (wo nicht selten *Bursae subcutaneae* liegen), dann ist die Haut sehr verschiebbar. Nicht so beweglich ist sie dort, wo sehnige Ausbreitungen oder Muskeln in die Haut übergehn, besonders im Gesichte, am Schädel (wo die Beweglichkeit von dem ausdehnbaren Bindegewebe zwischen *Galea aponeurotica* und Beinhaut herrührt), an der Fusssohle und in der Hohlhand. Die Verschiebbarkeit der Haut ist übrigens um so beschränkter, je dicker der *Panniculus adiposus* ist.

Im Unterhautbindegewebe verlaufen die Gefässe und Nerven, welche sich in der Haut ausbreiten. Aber auch schon in ihm geben die Arterien viele Aestchen ab, die sich in den Bindegewebsbündeln und besonders um die Fettzellen der Fettklümpchen verbreiten, so wie auch in dem Muskelgewebe und in den Bälgen der Haare. In feineren Verästelungen verbreiten sie sich im eigentlichen Corium, versorgen die Schweissdrüschen und die Talgdrüschen mit einem reichen Netze von Capillaren, lösen sich aber sonst fast ausschliesslich nahe der Oberfläche der Haut in ein Capillarnetz auf,

während Schlingen von Haargefässen bis hoch in die Papillen hinauf steigen. Die kleinen Venen begleiten die Arterienästchen. — Auch die Stämme der Lymphgefässe liegen im Unterhautbindegewebe, und in dieselben ergiessen sich die Lymphgefässe der eigentlichen Lederhaut, worin nahe der Oberfläche ein feineres Netz dünner Gefässe, in den tiefern Partieen ein weiteres Netz grösserer Gefässe leicht mit Quecksilber zu injiciren ist.

Von den zahlreichen Nerven der Haut, welche durch das Unterhautbindegewebe verlaufen und an verschiedenen Punkten zur Lederhaut durchdringen, kennt man bis jetzt keine Endausbreitung, ausser nahe der Hautoberfläche, wo Endplexus ziemlich dünner Fasern vorkommen, aus denen sich zu vielen Papillen (doch keineswegs zu allen) Fasern begeben, woran auch Theilungen beobachtet worden sind. Uebrigens ist kaum daran zu zweifeln, dass nicht allein die kleinen Blutgefässstämme und das organische Muskelgewebe, welche offenbar dem Nerveneinflusse unterliegen, sondern auch die Schweissdrüschen der Haut mit Nervenfasern ausgestattet sind.

Wir haben in diesem Paragraph eine allgemeine Uebersicht des Baues und der zusammensetzenden Theile der Haut gegeben, und im folgenden Kapitel werden wir die Drüschen der Haut und deren Absonderung ausführlicher betrachten. Eine nähere Beschreibung der Hautpapillen wird beim Gefühlsapparate folgen. Ueber die Haare handeln wir bei den Horngeweben, über den *Panniculus adiposus* beim Fettgewebe in der Allgem. Phys., und des Muskelgewebes der Haut geschieht beim Muskelgewebe im Allgemeinen Erwähnung. In Betreff des letztern sei hier nur so viel gesagt, dass man vor *Kölliker* (Zeitschrift f. wissensch. Zoologie 1848. S. 57) nur in der Dartos organische Muskelfasern kannte. *Kölliker* hat das Verdienst, überall da, wo man Contractilität beobachtet hatte, die Anwesenheit von Muskelfasern nachgewiesen zu haben, die er als die Grundform des anerkannten organischen Muskelgewebes kennen gelehrt hat. Das sogenannte contractile Bindegewebe war damit abgethan. *Henle* (*Canstatt's* Jahresbericht. 1850. S. 40), der die gekochte Haut untersuchte, hat *Kölliker's* Untersuchungen bestätigt, und er glaubt auch Faserzellen in jenen Theilen der Haut gefunden zu haben, wo keine Haare vorkommen, namentlich in der Hohlhand, wo sie theils von den Schweissdrüschen ausgehn, theils selbstständig in der Haut verlaufen sollen. Hier fand sie jedoch *Lister* (*Muscular tissue of the human skin* im *Journ. of microscop. Science. Vol.* 4) so wenig wie *Kölliker*. Befremdend ist es, dass *Eylandt* (*De musculis organicis in cute humana obviis. Dorpat.* 1850), der unter *Reichert's* Leitung arbeitete, welcher sich früher (*Müller's* Archiv 1849. S. 521) gegen *Kölliker* ausgesprochen hatte, von der Anwesenheit von Faserzellen sich nirgends, als an den Haarbälgen zu überzeugen vermochte, wo sie gerade sehr schwer nachzuweisen sind.

Zweites Kapitel.

Absonderung der Hautschmiere und des Schweisses.

§ 149. Absonderungsapparate der Haut im Allgemeinen.

Durch Fortwucherung der Zellen der Malpighischen Schicht in das Corium entwickeln sich bei der Frucht die Wurzelscheiden der Haare, und von diesen Zellen gehen bald zur Seite und nach unten Fortsetzungen aus, die sich durch Fettmetamorphose der innersten Zellen als *Glandulae sebaceae* zu erkennen geben. Auf gleiche Weise bilden sich die freien *Glandulae sebaceae*, die Meibomschen Drüsen und die Milchdrüsen, deren Secretion eben so, wie bei den Talgdrüsen, auf einer Fettmetamorphose der auskleidenden Zellen beruht. Endlich haben auch die Schweissdrüsen den gleichen Ursprung. Sie entstehn direct aus den Zellen des Malpighischen Netzes, die sich immer tiefer in die Haut senken und anfänglich sich eben so als compacte Zellenmasse darstellen. Das Absonderungsproduct dieser gewundenen Drüsenröhrchen jedoch ist der flüssige Schweiss, der in seiner Zusammensetzung und seinen Eigenschaften von der Hautschmiere ganz verschieden ist. An manchen Stellen indessen, z. B. in der Achselhöhle, ist die Schweissabsonderung mit Fettmetamorphose der auskleidenden Zellen verbunden, und in den Ohrenschmalzdrüsen, deren Form ganz mit jener der gewöhnlichen Schweissdrüsen übereinstimmt, steht das Absonderungsproduct jenem der Talgdrüsen vielleicht näher, als jenem der gewöhnlichen Schweissdrüsen. Es giebt also schärfere Grenzen in der Form der Drüsen, als für das Product derselben.

Vor den Untersuchungen *Kölliker's* (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. 2. S. 67) wusste man nur wenig über die Entwickelung der verschiedenen Organe in der Haut. Bei der Entwickelung der Gewebe und Organe kommen wir auf diese klassische Arbeit zurück.

§ 150. Talgdrüsen.

Die Talgdrüsen (*Glandulae sebaceae*) sind kleine, nur in der Lederhaut vorkommende, durch ihren Fettinhalt weissliche Drüschen (Fig. 111 u. 112), die überall vorkommen, wo die Haut Haare besitzt, und ausserdem noch an den kleinen Schamlippen, an der Eichel und Vorhaut des männlichen Gliedes. Nur die Hohlhand und die Fusssohle entbehren gänzlich dieser Drüsen. Sie treten

hauptsächlich in zweierlei Formen auf, als einfache meistens flaschenförmige, und als verästelte Drüsen. Die letztern haben an manchen Stellen ein traubenförmiges Aussehn. Manche von diesen Drüsen öffnen sich frei an der Oberfläche der Haut. Dies gilt besonders von jenen, welche an den obengenannten Stellen, wo die Haare fehlen, vorkommen, und ausserdem findet man dergleichen auch an der Nase und vielleicht noch an andern Stellen. Die frei sich öffnenden Talgdrüsen sind insgesammt einfach flaschenförmig, ausgenommen jene an den kleinen Schaamlippen, die sich beinahe horizontal sternförmig verästeln und ein traubenförmiges Aussehn haben.

Bei weitem die meisten Talgdrüsen (Fig. 113, 114 u. 115) stehen aber mit den Haarbälgen in Verbindung. Wo die Haare dicker sind, z. B. am behaarten Kopfe, an den Lippen, in der Schaamgegend, in den Achseln u. s. w., da treten die Ausführungsgänge der Drüsen gegen die Haarbälge sehr zurück (Fig. 113). Um jeden Haarbalg findet man dort meistens zwei bis drei, manchmal auch noch mehr einfache Drüschen, die ein traubenförmiges Aus-

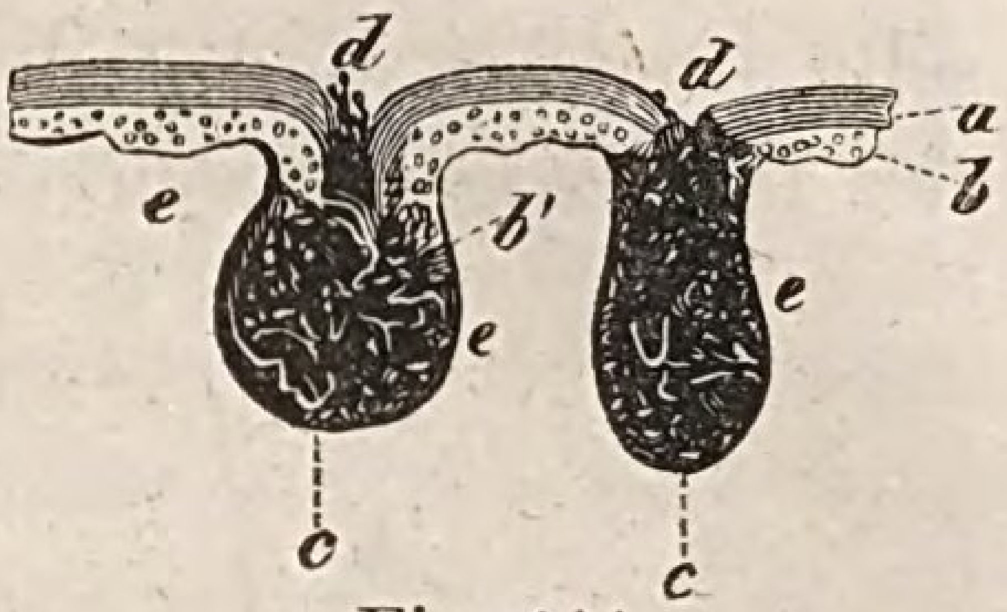


Fig. 111.

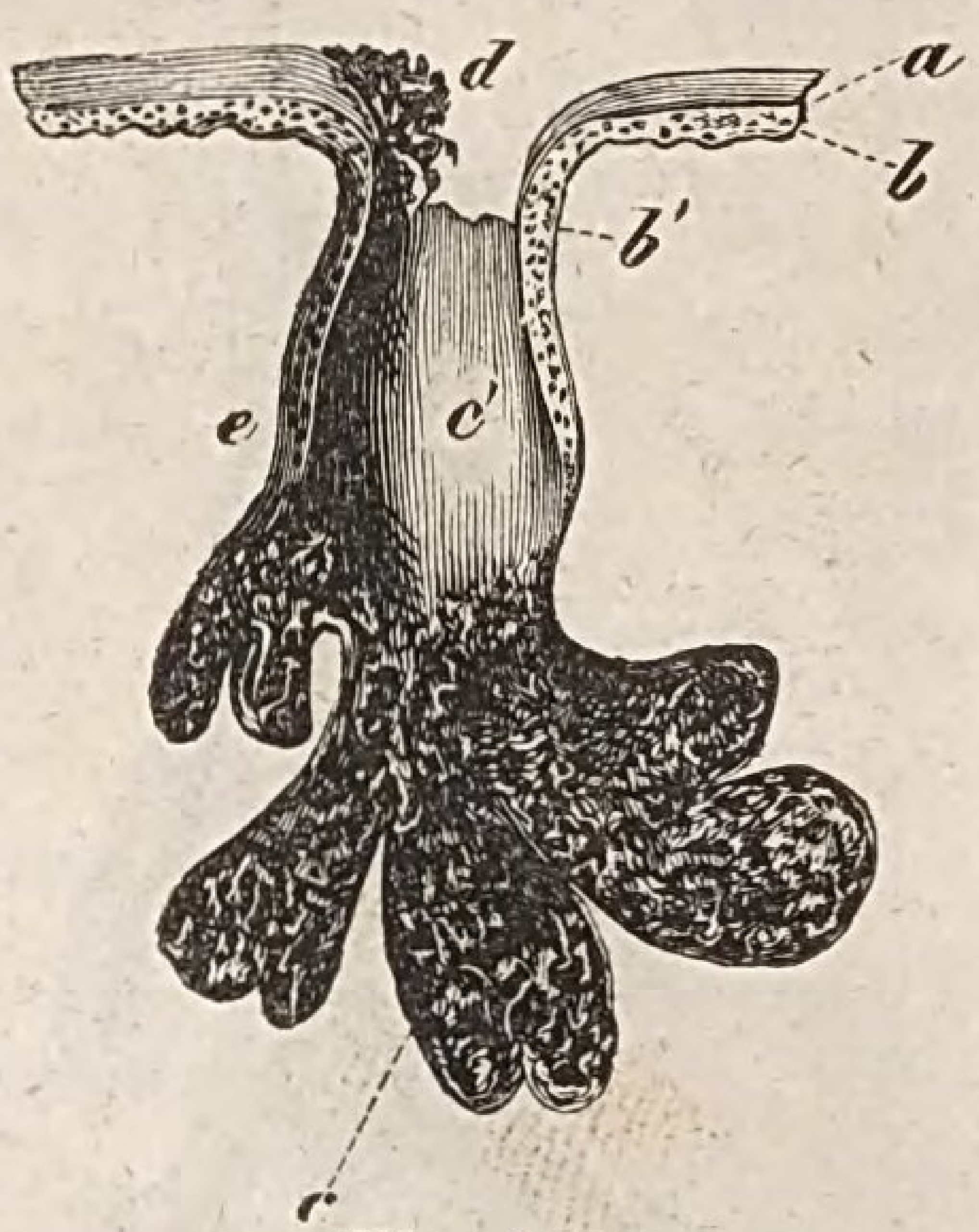


Fig. 112.

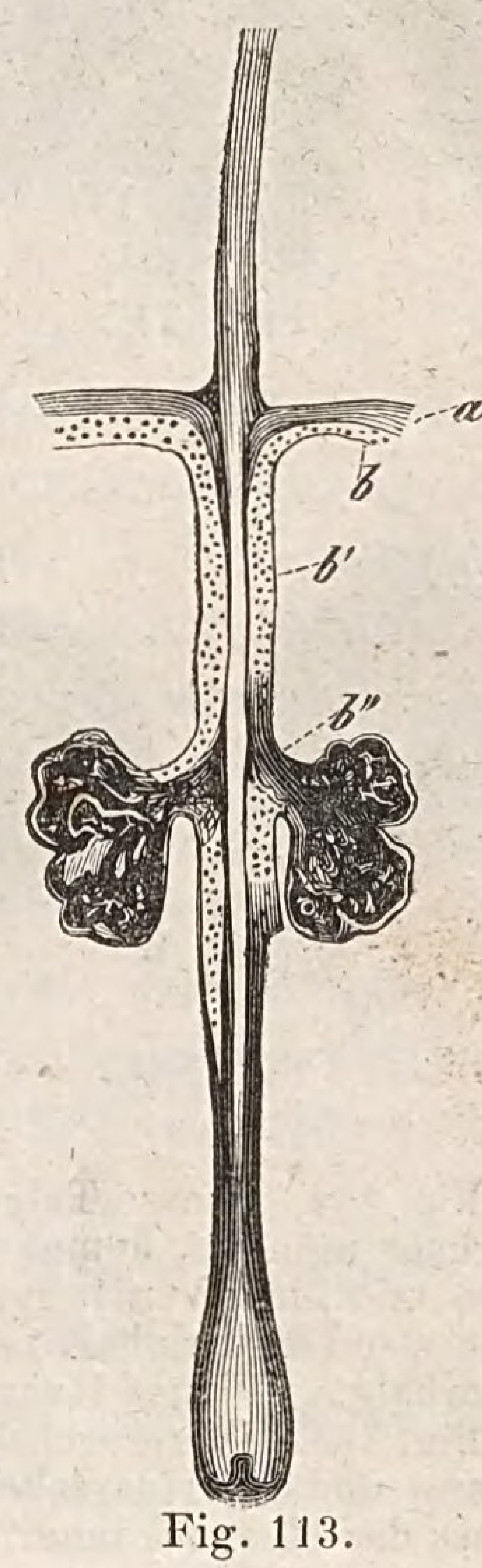


Fig. 113.

Fig. 111. Einfache Talgdrüse.

Fig. 112. Verästelte Talgdrüse von der Nase. — Für beide Figuren ist: *a* Geringe Schicht der Epidermis. *b* Malpighische Schicht, die sich auf den Ausführungsgang (*b'*) fortsetzt. *c* Zelleninhalt der Drüse. *c'* Ausführungsgang. *d* Austretendes Sercetum. *e* Wandung der Drüse.

Fig. 113. Talgdrüsen in einen Haarbalg sich öffnend. *a* Hornige Schicht der Epidermis. *b* Malpighische Schicht, die sich auf den Haarbalg (*b'*) und weiterhin auf die Talgdrüse (*b''*) fortsetzt.

sehn besitzen, und sich alle in gleicher Höhe in den obern Theil des Haarbalges öffnen. — Den feinern Wollhaaren fehlen zum Theil die *Glandulae sebaceae;* zum Theil besitzen sie aber auch sehr grosse Talgdrüsen, so dass man z. B. von Fig. 114 sagen muss, der Haarbalg öffne sich in den Ausführungsgang der *Glandulae sebaceae.* Im Besondern gilt dies von vielen Härchen der Nase, des Ohrs, der Innenseite der grossen Schaamlippen, der Thränenkarunkel und der vordern Hälfte der Ruthe. Die grössten Drüsen trifft man auf der Nase an, wo ihre Oeffnungen leicht mit blossem Auge wahrgenommmen werden und wo sich ihr Inhalt bei Lebzeiten ausdrücken lässt. Sie können hier bis zu zwei Millim. gross werden, während sie an den Kopfhaaren, wo sie am kleinsten sind, nicht über $\frac{1}{2}$ Millim. gross sind. Die grossen Talgdrüsen besitzen breite, cylindrische Ausführungsgänge, in welche in der Regel ein Haarbalg sich öffnet, dessen Haar, wie man auf Querschnitten (Fig. 115) sieht, zwischen dem Inhalte des Ausführungsganges hindurchdringen kann. Nach unten sind diese Drüsen mehr oder weniger rosettenförmig verästelt, ohne dass sie traubenförmig aussehn.

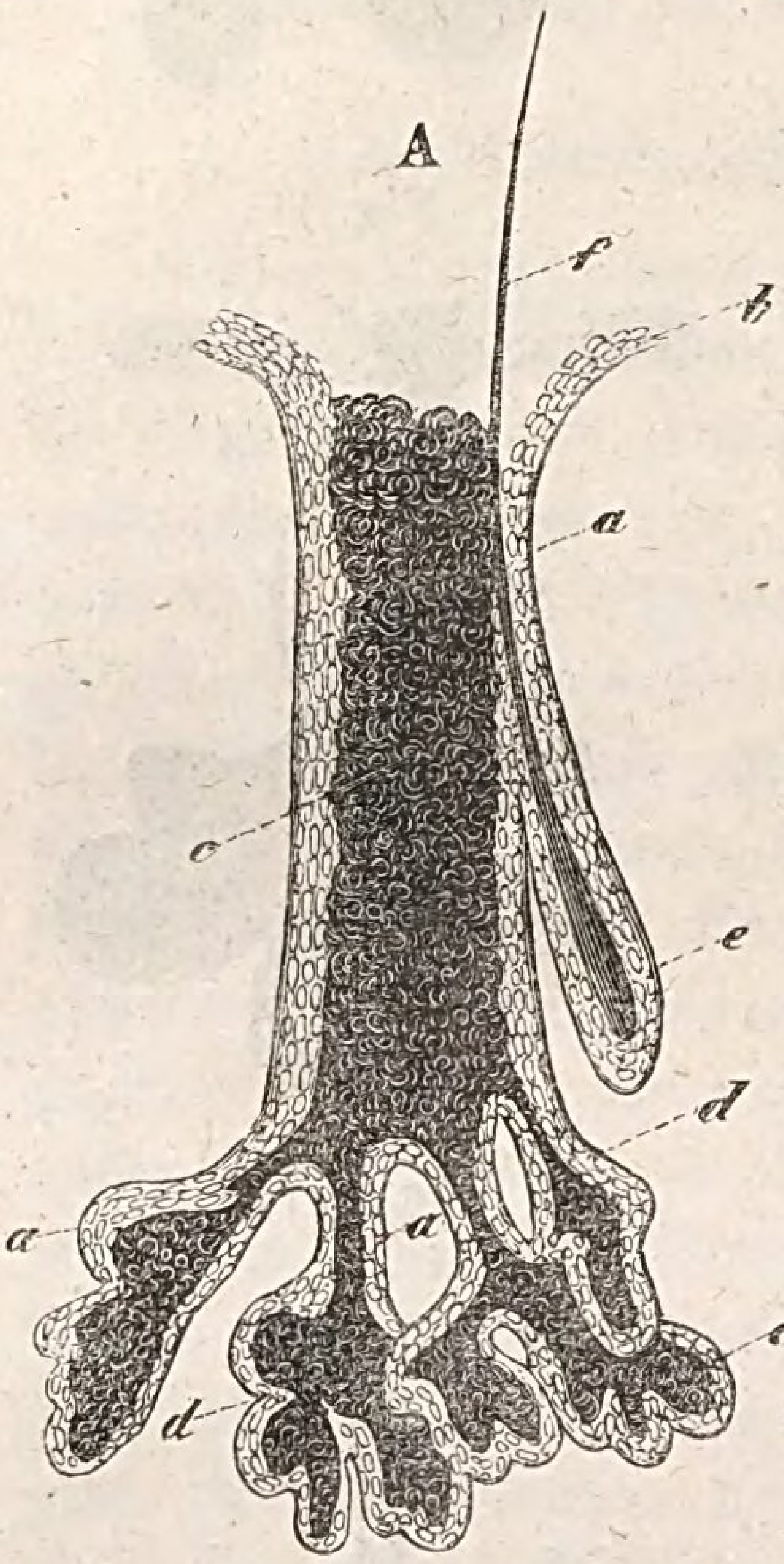


Fig. 114.

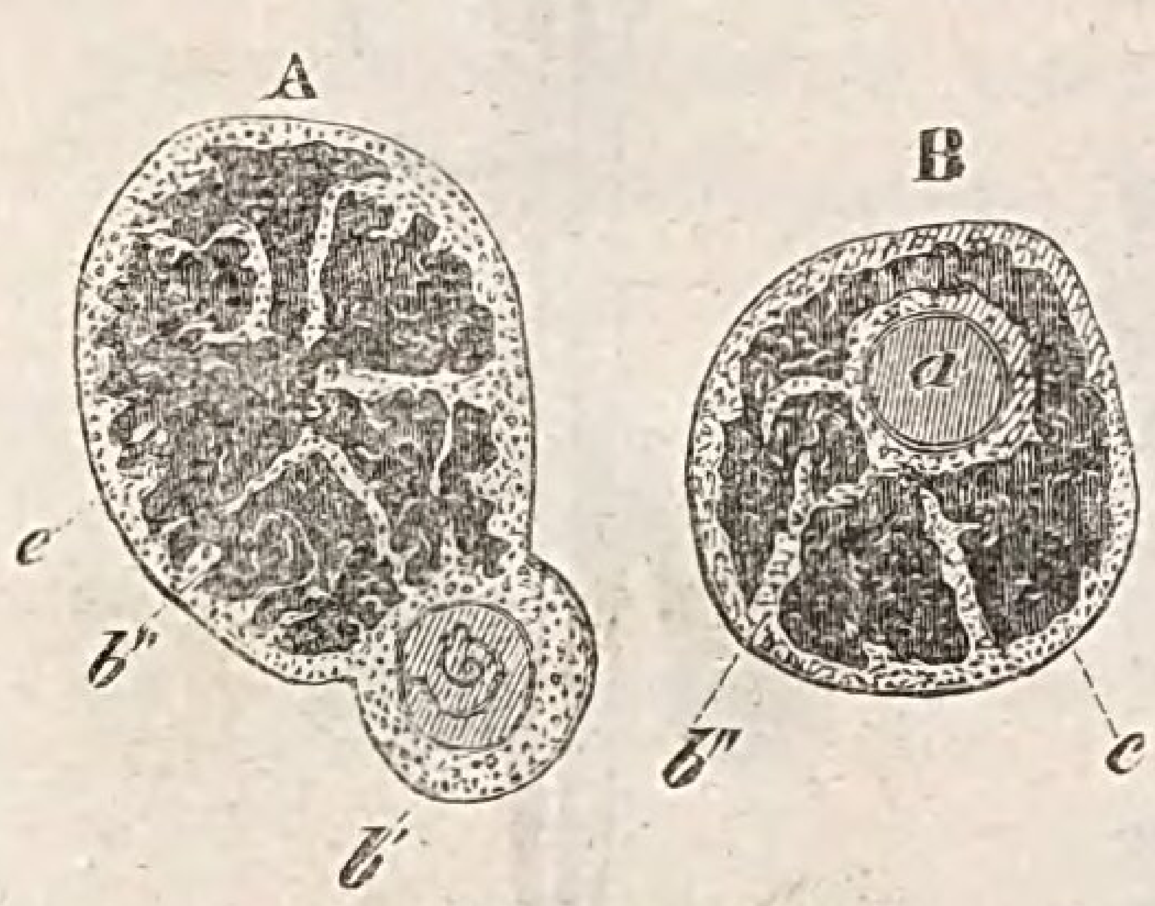


Fig. 115.

Die *Glandulae sebaceae* haben einen sehr einfachen Bau. Die meisten besitzen eine mehr oder weniger ab-

Fig. 114. Grosse Talgdrüse von der Nase, in deren Ausführungsgang ein Haarbalg mündet, 50mal vergrössert; nach *Kölliker.* *a* Zellige Scheide der Drüse und ihrer Verästelungen, welche von der Malpighischen Schicht (*b*) abstammt. *c* Drüseninhalt. *d* Einzelne Träubchen der zusammengesetzten Drüse. *e* Haarbalg. *f* Feines Haar.

Fig. 115. Querdurchschnitte durch Talgdrüsen und Haare. *A* Der Drüsengang und die Haarscheide noch von einander getrennt. *B* Beide vereinigt, so dass das Haar (*a*) innerhalb des Drüsenganges liegt.

gegrenzte Scheide von Bindegewebe, welche von der Lederhaut abgeht, oder von der äussern Schicht des Haarbalges, zu dem sie gehören. Nur an den Ausführungsgängen der grösseren Drüsen folgt hierauf manchmal noch ein dünnes structurloses Häutchen, sonst liegt der Zelleninhalt der Drüsen unmittelbar auf der genannten Scheide. Verfolgt man die Ausführungsgänge grösserer Drüsen, die sich in schiefer Richtung frei an der Oberfläche der Haut öffnen, so sieht man die Zellen der Malpighischen Schicht, eine Strecke weit von der hornigen Schicht bedeckt, nach innen treten (Fig. 111 u. 112 *bb'*), eine dicke Schicht bildend, die in der Tiefe dünner und dünner wird, bis allmählig die fetthaltigen Zellen der Drüse (*c*) an ihre Stelle treten. Der Ausführungsgang sowohl als die letzten Drüsenverästelungen sind ganz mit dergleichen fetthaltigen Zellen erfüllt. In den Ausführungsgängen grenzen sie nach aussen an die Fortsetzung der hornigen Schicht und zumal des *Rete Malpighi;* mehr nach innen jedoch werden diese letztern durch Drüsenzellen ersetzt, so dass in den Drüsenenden die äusserste Zellschicht, welche unmittelbar an die Scheide grenzt, bereits die Fettmetamorphose zeigt. Im Allgemeinen schreitet aber die Fettmetamorphose dieser Zellen von aussen nach der Drüsenhöhle hin fort, indem fortwährend am äussern Umfange Zellenbildung stattfindet, während die älteren Zellen unter zunehmender Fettmetamorphose ihres Inhalts nach innen fortschreiten. Der ganze Inhalt stellt eine ziemlich feste, zusammenhängende Masse dar, die, zumal wenn ein schwaches Alkali einwirkt, zerfällt und dann theils Zellen mit Fettinhalt, theils freie Fettkügelchen zeigt, welche letzteren wahrscheinlich durch Bersten von Zellen frei geworden sind. Auf queren Durchschnitten der breiten Ausführungsgänge verästelter Drüsen sieht man den Inhalt (Fig. 115 *A* u. *B*) in einzelne Massen vertheilt, woraus man schliessen kann, dass der Inhalt einer jeden Verästelung im Ganzen fortgeschoben wird, ohne sich mit dem Inhalte der andern Verästelungen zu vermengen. Nach der Oberfläche der Haut zu mehrt sich die Menge des freien Fettes, und dasselbe füllt manchmal die Zelle als eine einzelne durchscheinende Fettkugel: dabei werden aber auch nach *Kölliker* die Zellwandungen fester und sie widerstehen Alkalien mehr.

Die kleinen Drüsen, welche sich in die Haarbälge öffnen, verhalten sich auf gleiche Weise. Nur selten findet man die äusserste Schicht der Drüsenzellen noch arm an Fett. Eine dünne Hülle setzt sich von der äussern Scheide des Haarbalges über den engen

Ausführungsgang und über die ganze Drüse fort. In dem Ausführungsgange sieht man oftmals eine Reihe von Fettzellen, die nichts anderes sind, als Drüsenzellen, welche mit Einem Fetttröpfchen erfüllt sind. In den Haarbalg selbst ist meistens einiges Fett durch Bersten der genannten Zellen ausgetreten. In den Bälgen vieler Wollhaare kommt gar kein Fett vor, und in viele von diesen kleinen Haarbälgen öffnen sich auch gar keine *Glandulae sebaceae*.

Die Talgdrüsen besitzen ziemlich viele Gefässe. Nerven wurden bis jetzt noch nicht an denselben beobachtet.

Die Theilungen, welche man an den grössern Talgdrüschen antrifft, geben sich in der Regel als besondere längliche Aestchen zu erkennen, so dass sie also nicht wie gewöhnliche traubenförmige Drüsen sich darstellen. Ein solches Aussehn haben sie nur dann, wenn die Verästelungen kürzer sind und wenn ihre stumpfen Enden einander decken. Die Abbildungen, welche *Arnold* (*Icones organ. sensuum Tab. XI*) davon gegeben hat, zeichnen sich im Allgemeinen durch ihre Genauigkeit aus. S. auch die Abbildungen bei *Ecker* (*Icon. physiol. Taf.* 17. *Fig.* 11—13). — Talgdrüsen, die mit keinen Haarbälgen in Verbindung stehen, kommen nur an einzelnen Stellen vor. *Kölliker* beobachtete dergleichen nur am Nasenrücken und am Warzenhofe. An der letztgenannten Stelle schwellen sie gleichzeitig mit der Milchdrüse bei Schwangern und Säugenden auf.

Sehr getheilt sind die Ansichten in Betreff der *Tyson*'schen Drüsen an der Innenfläche der Vorhaut und auf der Eichel der Ruthe. Nach *Kölliker* erklärt sich diese Meinungsverschiedenheit aus der Unbeständigkeit jener Drüsen, die bald nur wenig, bald wieder stark entwickelt sind und manchmal ganz fehlen. *Kölliker* beschreibt die Fettmetamorphose der Zellen in den *Glandulae sebaceae* sehr ausführlich. Die äusserste Schicht, welche an die Scheide grenzt, fand er aus kleineren Zellen bestehend und frei von Fett; auch in der zweiten Schicht sollen die Zellen nur noch wenige Fettkörnchen enthalten, nach der Mitte zu aber sollen sie einen ovalen Kern bekommen, grösser werden und zahlreiche Fettkügelchen, manchmal auch einen einzelnen Fetttropfen enthalten. Meistens fanden wir, bei Erwachsenen wenigstens, viel freies Fett, und die Uebergangsformen vermochten wir nicht so genau zu beobachten, als *Kölliker* sie beschreibt. In der Regel war die Fettmetamorphose schon in der äussersten Zellenschicht weit vorgeschritten. Bei einem neugebornen Kinde war der breite Hauptstamm der grossen Drüsen der Nase ganz mit durchscheinendem Fette angefüllt, ohne dass kleinere Kügelchen darin vorkamen.

In den Talgdrüsen fand *Simon* (*Müller's* Archiv 1842) parasitische Thiere, die er mit dem Namen *Acarus folliculorum* belegte. In dem kleinen Pfropfe (*Comedo*), den man an sich selbst aus den grössern Talgdrüsen der Nase ausdrücken kann, suchten wir sie selten vergebens. *Jul. Vogel* (Erläuterungstafeln z. pathol. Histologie. Taf. 12. F. 6 u. 7) hat die *Simon*'sche Abbildung aufgenommen und noch eine zweite, mehrmals auch von *Erdl* wahrgenommene Form abgebildet, von der es zweifelhaft ist, ob man sie für eine besondere Species oder für eine andere Entwickelungsstufe zu halten hat. *Todd* und *Bowman* (*T.* 2. *p.* 425) bilden sie innerhalb der Drüse, nahe der freien Oeffnung ab. Wir haben nur jene von *Simon* abgebildete Form gesehen, deren auch die meisten Autoren gedenken.

§ 151. Absonderung der Talgdrüsen; Hautschmiere.

Die Absonderung der Talgdrüsen beruht, wie aus dem vorigen Paragraphen zu ersehen ist, auf einer Fettmetamorphose von Zellen,

welche mit den Zellen des Malpighischen Netzes übereinstimmen und dabei theils bersten, theils verhornen. Die Absonderung geht ohne Zweifel sehr langsam von statten, und es wird kaum eine Spur von Flüssigkeit zwischen den fest verklebten Zellen innerhalb der Drüsen angetroffen.

Die Hauptmasse der Hautschmiere (*Sebum cutaneum*) sind Fette, die nicht genauer bekannt sind. Bei gewöhnlicher Temperatur hat das Fettgemenge die Consistenz von Butter oder von weichem Käse, bei der Körpertemperatur ist es ziemlich flüssig. Zu den Fetten kommen noch die Bestandtheile der Zellmembranen, des Zelleninhalts ausser dem Fette und der Flüssigkeit, welche in geringer Menge in den Drüschen selbst vorhanden ist, aber nahe der Hautoberfläche in den Haarbälgen nicht mehr vorkommt. Proteinverbindungen finden sich nur in geringer Menge darunter.

An der Bildung des Ohrenschmalzes, welches reich ist an freien Fettmolekeln und ausserdem eine Menge kleiner kernhaltiger Epidermiszellen neben feinen braunen Körnchen enthält, haben auch die dort vorkommenden Talgdrüsen Antheil.

Das von den Talgdrüsen abgesonderte Fett geht hauptsächlich in die Haare über und dringt auch zum Theil in deren Gewebe ein. Wo die Drüsen stark entwickelt sind und zumal wenn sie sich unmittelbar auf der Oberfläche der Haut öffnen, verbreitet sich das Fett weiter über die Oberhaut, und diese bekommt dadurch einen Fettglanz, so namentlich an der Nase. Der verschiedenartige Glanz der Haare und der Oberhaut bei verschiedenen Individuen giebt deutlich genug zu erkennen, dass die Thätigkeit dieser Drüsen, welche durch Wärme befördert wird, sehr ungleich ist. Am stärksten scheint sie bei den Negern entwickelt zu sein, die eine weiche fettige Oberhaut besitzen.

Dieses Fett beschränkt das Austrocknen der Oberhaut, vermindert ihre Permeabilität für verschiedene Substanzen, hält die Hautausdünstung in Schranken, so wie die Abschilferung der Epidermis, und macht die Haare weniger hygroskopisch. Die letztern haben zum grössern Theil ihren Glanz diesem Fette zu verdanken.

Ohne Zweifel hat die Hautschmiere an verschiedenen Stellen eine etwas verschiedene Zusammensetzung. Die chemische Untersuchung wird aber dadurch erschwert, dass man sie nicht leicht in hinreichender Menge bekommen kann, und die erhaltenen Resultate verdienen kein unbedingtes Vertrauen, weil man fremdartige Beimengungen nicht wohl vermeiden kann. Die mikroskopische Untersuchung lehrt uns Fett als Hauptbestandtheil und daneben Proteinverbindungen unter den Bestandtheilen der Zellmembranen kennen. Unter den Fetten fand *Lehmann* Margarin und Elain, aber keine Spur von

Butyrin; im *Smegma praeputii* auch Cholesterin und noch ein anderes nicht krystallisirbares Fett.

Der Käsefirniss auf der Haut des Neugebornen stammt grösstentheils aus den Talgdrüsen, doch enthält er auch viele abgestossene Epidermiszellen. (*Bueck, de vernice caseosa. Hal.* 1845.)

Was die Untersuchungen ausserdem über die Zusammensetzung der Hautschmiere gelehrt haben, das findet man bei *Lehmann* (Bd. 2. S. 372) sorgsam zusammengestellt.

§ 152. Schweissdrüsen.

Die kleinen gewundenen Drüschen, von denen wesentlich der flüssige Schweiss abgesondert wird, kommen fast überall in der Haut vor, in kleinen Abständen von einander. *Krause* fand als Minimum (im Nacken, am Rücken, am Gesässe) 417 solche Drüschen auf einem Quadratzoll, als Maximum 2685 in der Fusssohle und 2736 in der Hohlhand. An den letztgenannten Stellen befinden sie sich in regelmässigen Abständen von einander, und mittelst einer Loupe kann man gerade auf der Mitte der erhabenen Linien, welche durch die Papillenreihen gebildet werden, die Schweissporen mit Leichtigkeit wahrnehmen. Ihre Gesammtmenge schätzt *Krause* auf fast 2,400,000.

An jeder Drüse (Fig. 116) unterscheidet man das Drüsenknäuel und den Ausführungsgang. In der Regel liegt das Knäuel in der eigentlichen Lederhaut, nicht selten von Fettgewebe umgeben, manchmal aber auch, wenn die Haut sehr dünn oder die Drüsenmasse stark entwickelt ist, im Unterhautbindegewebe, und zwar in eine dünne Faserscheide gehüllt. Das Drüsenknäuel hat eine kugelförmige, mehr oder weniger abgeplattete Gestalt und misst im Durchschnitte $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Millim. Wo die Haut sehr dünn ist, da findet man in der Regel

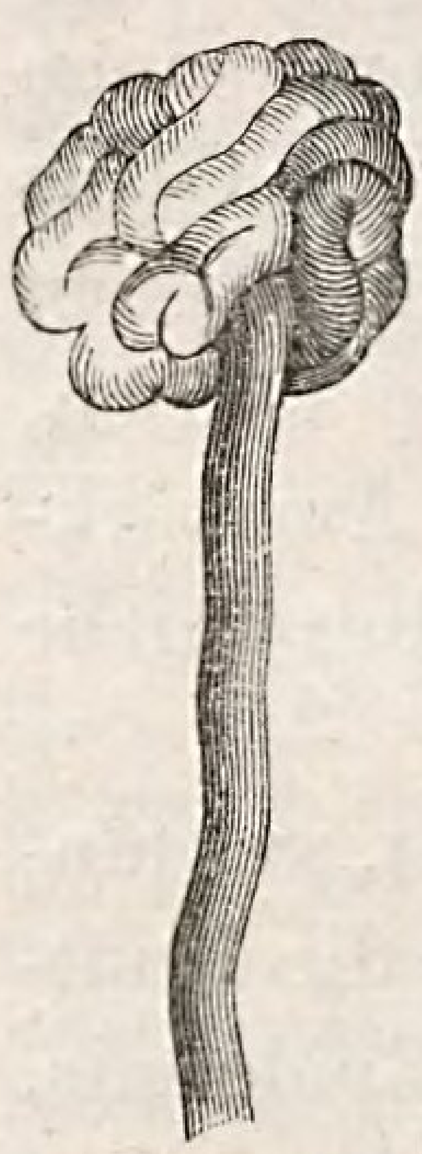


Fig. 116.

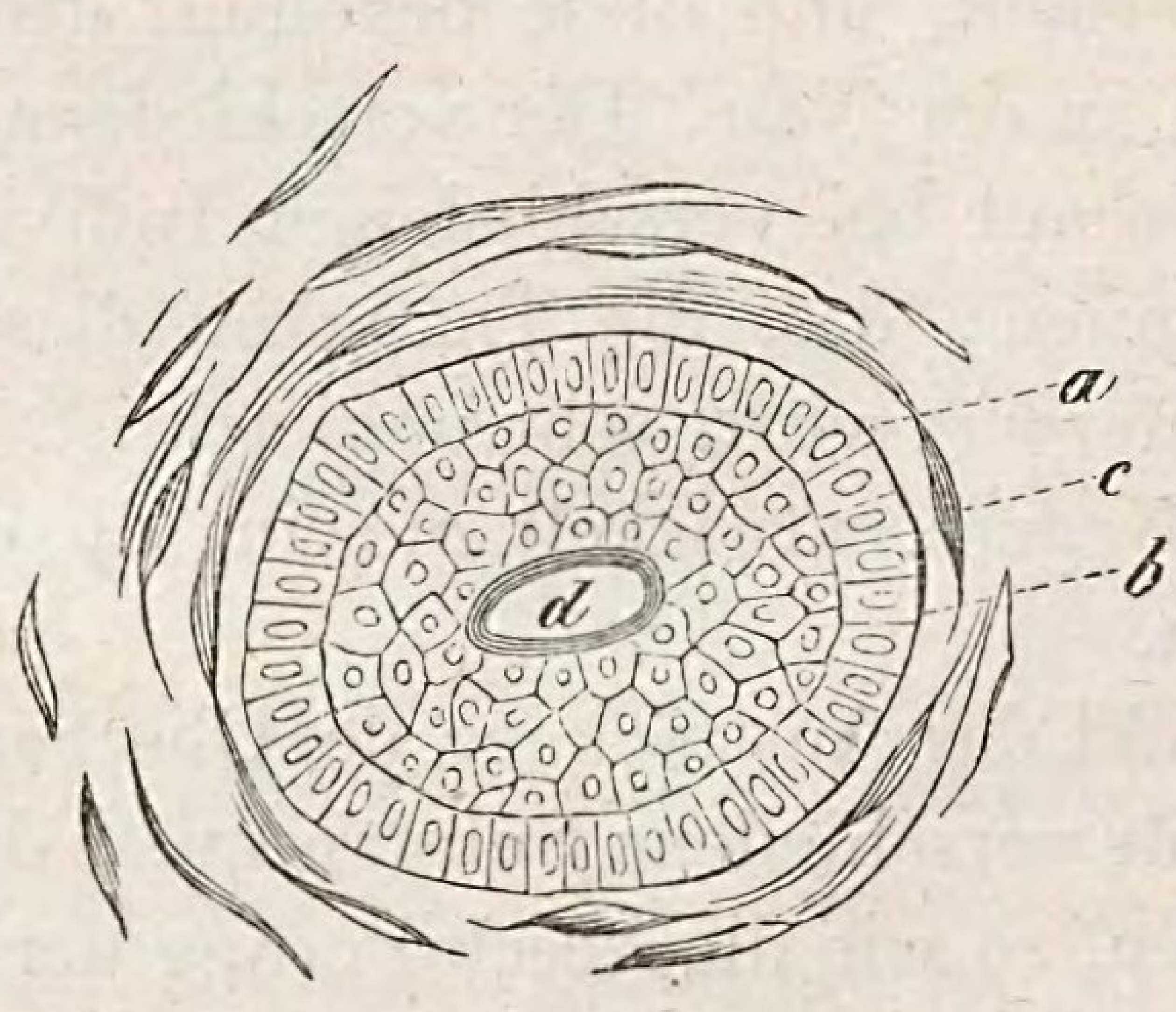


Fig. 117.

Fig. 116. Eine Schweissdrüse mit ihrem Ausführungsgange; nach *Todd* und *Bowman*.

Fig. 117. Durchschnitt eines Schweissdrüsenkanales. *a*. Tiefste Zellenschicht, aus fast cylindrischen Zellen bestehend. *b* Structurlose Membran. *c* Kernfasern des umgebenden Bindegewebes. *d* Mittlerer Kanal.

kleinere Schweissdrüsen. Eine ungewöhnliche Entwickelung haben die Schweissdrüsen in der Achselhöhle; man findet hier eine fast zusammenhängende Schicht von Drüschen, die $\frac{1}{2}$ bis 3 Millim. dick und noch etwas breiter sind.

Der Grösse der Schweissdrüsen entspricht im Allgemeinen der Durchmesser ihrer gewundenen Kanälchen. In der Hohlhand fanden wir diese im Mittel $\frac{1}{15}$ Millim. dick, in der Achselhöhle $\frac{1}{17}$ bis $\frac{1}{6}$ Millim. Diese Drüsenröhrchen haben einen sehr zusammengesetzten Bau. Unmittelbar an das auskleidende Epithelium (Fig. 117 *a*) grenzt eine structurlose Membran (*b*), welche ohne scharfe Grenzen in das mit länglichen Kernen versehene, bisweilen fetthaltige Bindegewebe (*c*) übergeht, wodurch die verschiedenen Windungen unter einander zusammen gehalten werden. Die auskleidenden kernhaltigen Zellen liegen in der Regel in 3 bis 4 Reihen auf einander, so dass in der Mitte nur ein enger Kanal (*d*) übrig bleibt. Jene Zellen, welche an die structurlose Membran grenzen, haben oftmals deutlich die Form eines Cylinderepitheliums; die übrigen Schichten bestehen aus rundlichen Zellen. Meistens beobachtet man in diesen Zellen, zumal in der Achselhöhle, etwas Fett oder auch wohl braune glänzende Körnchen, in einzelnen Röhrchen und selbst wohl in ganzen Drüsen eine fast vollständige Fettmetamorphose, an der jedoch die äusserste Schicht der cylinderförmigen Zellen weniger Antheil nimmt. Durch Einwirkung von Wasser treten aus allen diesen Zellen, in der Achselhöhle wenigstens, zahlreiche durchsichtige Schleimkugeln und Schleimcylinder hervor, die im Wasser stark aufschwellen und durch Essigsäure mit dunkeln Conturen zusammenschrumpfen. Schwache Alkalien wirken ähnlich wie Wasser, sie lösen aber überdiess die Zellmembranen schnell auf.

Jede Schweissdrüse hat ihren Ausführungsgang; hin und wieder vereinigen sich aber auch zwei Gänge mit einander, so dass weniger Schweissporen als Schweissdrüsen vorhanden sind. Der Ausführungsgang (Fig. 110 *g*) verläuft schwach gewunden durch die Malpighische Schicht, nimmt in der hornigen Schicht einen spiralig gewundenen Verlauf an und öffnet sich trichterförmig zwischen den Hautpapillen. — Der Bau des Ausführungsganges stimmt mit jenem des Drüsenganges überein; er besitzt aber wegen der dünneren Epithelialbekleidung einen geräumigeren Kanal. In der Epidermis wird der Ausführungsgang nur noch durch verhornte Zellen begrenzt, an deren Stelle in der Lederhaut, wo die hinzutretende faserige

Scheide manchmal noch an eine elastische *Membrana propria* grenzt, allmählig kleinere, weichere Zellen treten, in denen keine Fettmetamorphose auftritt. — Ist die Haut einige Zeit macerirt worden, und man entfernt dann die Epidermis von derselben, so wird das auskleidende Epithelium in der Form feiner, mit blossem Auge sichtbarer Fädchen, in Verbindung mit der Epidermis aus diesen Ausführungsgängen herausgezogen, wie es *Arnold* und eben so *Todd* und *Bowman* sehr gut abgebildet haben.

Die Schweissdrüsen besitzen ein reiches Netz von Capillaren, so dass sie auf Durchschnitten gut injicirter Hautpartieen als rothe Körperchen sich darstellen. Nerven hat man bis jetzt noch nicht mit Sicherheit darin wahrgenommen.

Obwohl die Schweissdrüsen ganz regelmässig in der Haut verbreitet sind, so fand *Krause* doch manchmal Stellen von $\frac{1}{2}$ bis 1 Millim., wo sie gänzlich fehlten oder in Gruppen von 3 bis 4 dicht an einander gedrängt waren. Nach *Kölliker* fehlen sie an der ausgehöhlten Seite der Ohrmuschel. Im äussern Gehörgange nehmen die Ohrenschmalzdrüsen (*Glandulae ceruminosae*) ihre Stelle ein, die ganz mit den grossen Schweissdrüsen übereinstimmen, vielfältig aber mit braunen Körnchen und einem theils freien, theils in Zellen eingeschlossenen Fette erfüllt sind, und einigermaassen zur Bildung des bitteren fetthaltigen Ohrenschmalzes beitragen, das aber hauptsächlich von der weichen Epidermis und von den Talgdrüsen der Haare abzustammen scheint. *Henle* (Allg. Anat. S. 916) hat den Inhalt der Ohrenschmalzdrüsen sehr genau beschrieben. Im Ohrenschmalze fanden wir, gleich *Kölliker*, die bräunlichen Körnchen, jedoch viel seltener, als *Henle* angiebt.

In der Regel besteht eine Schweissdrüse aus einem einzigen knäuelförmig gewundenen Röhrchen, welches an der Oberfläche oder in dem Knäuel etwas erweitert endigt. Nach *Kölliker* ist jedoch der Drüsenkanal in der Achselhöhle selten so einfach, sondern er theilt sich meistens mehr denn einmal in Aeste, die sich wiederum dichotomisch theilen und, wenn auch selten, unter einander vereinigen, um zuletzt, nachdem sie kleine blinde Säckchen abgegeben haben, selber blind zu endigen.

Was den feineren Bau der Drüsenröhrchen anlangt, so unterscheidet *Kölliker* dünnwandige und dickwandige. Die letztern sollen zwischen der faserigen Scheide und dem Epithelium eine Schicht Faserzellen besitzen mit rundlichen an der Aussenseite befindlichen Kernen. Die structurlose Membran soll aber in beiderlei Röhrchen fehlen, wenigstens im vollkommnen Zustande. Von der Anwesenheit von Faserzellen vermochten wir uns nicht zu überzeugen, weshalb wir sie auch in der Achselhöhle keineswegs für beständig halten. Auch *Tobien* (*Henle's* Jahresb. f. 1854. S. 71) bestreitet die von *Kölliker* behauptete Verschiedenheit der Ausführungsgänge grösserer und kleinerer Schweissdrüsen. Dagegen nahmen wir auf ganz feinen Durchschnitten getrockneter Haut (nicht so gut an frischer Haut) in der Wandung der breiteren Kanäle regelmässig aufs Deutlichste eine structurlose Schicht wahr, die Anfangs etwas Faseriges zeigt, aber nach Einwirkung von Essigsäure sowohl als von Alkalien, wobei sie sich ausbreitet, stark lichtbrechend wird und ein structurloses Häutchen ohne Spur von Kernen in demselben darstellt, das dann $\frac{1}{300}$ Millim. Dicke erreichen kann. *Henle* (Allg. Anat. S. 914) nimmt ebenfalls eine *Membrana propria* an. In frischen Drüsen gelingt es aber nur selten, ein wahres structurloses Häutchen zu sehn. Auf diesem Häutchen erkannten wir in vielen Fällen die erste Zellenreihe als cylindrisch gestaltet, ähnlich wie in der untersten Schicht des *Rete Malpighi*. Das Austreten durchsichtiger Kugeln und Cylinder bei Wassereinwirkung, die ebenfalls durch Essigsäure zusammenschrumpfen und an Durch-

sichtigkeit verlieren, haben wir nur noch im Cylinderepithelium der Darmzotten gleich deutlich gesehn, wie im Epithelium der Achselschweissdrüsen. Dies spricht dafür, dass eine schleimige Substanz in den Schweiss dieser Hautpartie übergeht.

Die Schweissdrüschen sind von *Breschet* und *Roussel de Vauzème* (*Ann. des Sc. nat.* 1834. 2e *Série II. Pl.* 10. *Fig.* 33) entdeckt worden, nachdem *Wendt* (*De epidermide humana. Vratisl.* 1833) den Ausführungsgang unter der Anleitung von *Purkinje* bereits beschrieben hatte. Erst später wurde durch *Gurlt* (*Müller's* Archiv 1835. S. 399) der Knäuel als eine gewundene Drüse beschrieben und gut abgebildet. *Giraldès* (*Ann. des Sc. nat.* 1841. *p.* 310) benutzte Salpetersäure, um sie deutlich zu machen, und diese fand auch *Krause* recht brauchbar. *Henle* (Jahresber. f. 1850. Bd. 1. S. 50) sah sie in der gekochten Haut sehr deutlich, und er beschreibt auch Faserzellen, welche von diesen Drüsen ausgehen, während er früher an den Ausführungsgängen ebenfalls eine dünne Muskellage annahm. In einer Schrift, welche *Lacauchie* unter dem sonderbaren Titel *Hydrotomie* (*Paris* 1853) herausgab, wurde die lang fortgesetzte Injection der Blutgefässe mit Wasser anempfohlen, um in dem hydropisch gewordenen Gewebe unter andern auch die Schweissdrüschen leicht wahrnehmbar zu machen.

§ 153. Schweiss.

Der Schweiss, der sich besonders bei hoher Temperatur und bei körperlichen Anstrengungen tropfenweise auf der Oberfläche der Haut ansammelt, ist eine ziemlich farblose Flüssigkeit, die salzig schmeckt, sauer reagirt und einen eigenthümlichen, an verschiedenen Hautstellen verschiedenartigen Geruch besitzt. Um ihn behufs näherer Untersuchung in einer gewissen Menge zu sammeln, benutzte *Schottin* eine hermetisch schliessende Röhre von Guttapercha, mit deren unterem Ende ein Fläschchen verbunden war, worin sich der Schweiss sammelte. Diese Röhre konnte über den Arm geschoben und durch ein Band befestigt werden. Ging nun *Schottin* damit an warmen sonnigen Tagen von 11 bis 4 Uhr spatziren, so erhielt er damit 20 bis 30 Grammen Schweiss. Andere Körpertheile bedeckte er auch wohl mit Fliesspapier, aus dem er später die Bestandtheile des Schweisses behufs der Untersuchung extrahirte.

Der auf solche Weise gesammelte Schweiss bildete eine trübe, milchartige Flüssigkeit, welche Trübung indessen grösstentheils von abgestossnen Epidermiszellen herrührte. Ausserdem fanden sich eckige und längliche Zellen darin, ferner sogenannte Schleimkörperchen, Körnerhäufchen, freies Fett und dunkle Molekularkörperchen.

Da sich der Raum in der Röhre schnell mit Wasserdampf sättigen musste, so konnte nur wenig Hautausdünstung stattfinden und die erhaltene Flüssigkeit darf fast als reiner Schweiss angesehen werden, höchstens mit einigen Bestandtheilen der Hautschmiere

und mit Hornzellen gemengt. In dieser Flüssigkeit nun fand *Schottin* 97,4 pCt. Wasser, 0,42 pCt. Epithelium und 1,83 pCt. feste Bestandtheile; darin waren 0,7 pCt. anorganische Theile und zwar bei weitem die grösste Menge (17 : 1) lösliche Salze, und zwar mehr Natron als Kali, besonders Chlornatrium neben etwas phosphorsaurem Natron. Die Asche enthielt ausserdem etwas Schwefelsäure. Die manchmal gefundenen erdigen Salze scheinen, gleichwie das Eisen, zu den Epithelien zu gehören. Von Ammoniaksalzen, die nach *Berzelius* in grösster Menge vorkommen sollten, fand *Schottin* so geringe Spuren, dass er ihr Vorkommen von einer Zersetzung ausserhalb des Körpers ableitet. Die Fette ausgenommen sind die organischen Substanzen nur wenig bekannt. Die Gegenwart von Schwefelsäure in der Asche und die Entwickelung von Schwefelammonium bei Zersetzung des Schweisses weisen aber darauf hin, dass eine schwefelhaltige Substanz darin vorkommt. Aus den Reactionen schliesst *Schottin* auf einen eigenthümlichen Farbstoff im Schweisse. Im ätherischen Auszuge fand er freies Fett, theils als Fettkügelchen, theils als Margarinkrystalle, und ausserdem eine ziemliche Menge Cholesterin. Durch Zusatz von Schwefelsäure schied sich Stearinsäure in blättriger Form aus. Von den flüchtigen Säuren hat *Schottin* die Anwesenheit der Buttersäure bestätigt, Essigsäure und Ameisensäure nachgewiesen und das Vorkommen von Metacetonsäure wahrscheinlich gemacht. Die von *Berzelius* vermuthete Milchsäure wurde nicht gefunden. Es ist jedoch schwer auszumachen, ob diese Fette zum eigentlichen Schweisse oder zur Hautschmiere gehörig sind. *Krause* hat sich aber davon überzeugt, als er Filtrirpapier in der Hohlhand befestigte, wo die Talgdrüsen fehlen, dass Margarin nebst einer ölartigen Substanz aufgenommen wurde, und aus dem Fette der Talgdrüsen konnte *Lehmann*, auch nachdem er es verseift hatte, kaum Spuren von flüchtigen Fettsäuren erhalten.

Vergeblich suchte *Schottin* im normalen Schweisse Harnstoff nachzuweisen, der bei unterdrückter Nierenabsonderung, unter andern im letzten Stadium der Cholera, darin gefunden wird.

Der Geruch des Schweisses ist an verschiedenen Hautstellen ein verschiedenartiger. An getrockneter Achselhaut erkannten wir nach 14 Tagen noch sehr deutlich den eigenthümlichen Geruch, welchen der Schweiss dieser Gegend besitzt. Der verschiedene Geruch kann von verschiedenartigen flüchtigen Säuren herrühren, oder aber von der Zersetzung einzelner Bestandtheile. Das letztere scheint besonders auf den Fussschweiss zu passen, der nicht selten einen unerträglichen Gestank verbreitet; denn nach *Schottin* (Archiv f. phys. Heilk. 1852. Bd. 11. S. 86) tilgt Weinsteinsäure diesen Geruch, wahrscheinlich

dadurch, dass sie die Zersetzung behindert. *Sebastian* (*Physiologia generalis. Ed. altera* 1843. *p.* 53) sammelte eine gewisse Menge Schweiss von einem Neger, fand aber den Gestank so unerträglich, dass er von der Untersuchung abstehen musste. Der eigenthümliche Geruch der Araber rührt nach *Landerer* (*Heller's* Archiv für phys. und pathol. Chemie 1847. S. 194) ebenfalls vom Schweisse her.

Dass der Schweiss, wie er z. B. im Gesichte abgesondert wird, wenn ihm nichts beigemengt ist, hell und farblos sich darstellt, weiss jedermann aus Erfahrung. Auffallend ist es aber, dass das weingeistige Extract, wenn es bis zur Trockne abgedampft wird, eine Rosafarbe besitzt, und durch Zusatz von Oxalsäure eine schön hellgrüne Farbe annimmt. Das ätherische Extract, bis zur Trockne verdunstet, fand *Schottin* grün, und bei einer höhern Temperatur wurde es rosenroth; der grüne Farbstoff blieb bei Zusatz von Wasser an Fett gebunden. — Im Fussschweisse und Armschweisse fand *Schottin* keine besondere Verschiedenheit des Salzgehaltes; nur enthielt der letztere mehr Kali. Das Vorhandensein von Natron lässt sich schon dadurch nachweisen, dass man ein Glasstäbchen auf der Haut reibt und an den Rand einer Alkoholflamme hält: diese bekommt dadurch eine gelbe Farbe. Die directe Analyse weist einen grossen Chlorgehalt nach. — *Gillibert d'Hercourt* (*Valentin's* Jahresber. f. 1853. S. 168) will den ersten Schweiss, womit auch Fett abgeschieden wird, am stärksten sauer gefunden haben; alkalische Reaction beobachtete er niemals.

Von früheren Untersuchungen sind besonders jene von *Anselmino* (*Tiedemann's* Zeischr. Bd. 2. S. 321) beachtenswerth. *Berzelius* (Thierchemie S. 390) operirte mit zu geringen Mengen, als dass er Resultate gewinnen konnte, wie wir sie sonst bei ihm zu finden gewohnt sind. Die Anwesenheit der Buttersäure wurde durch *Lehmann* (Lehrb. d. phys. Chemie. Bd. 2. S. 381) ausser Zweifel gestellt; Essigsäure, Ameisensäure und Metacetonsäure hatte man zwar vermuthet, sie wurden aber, die beiden ersten wenigstens, durch *Schottin* zuerst nachgewiesen. Wahrscheinlich kommen auch noch andere Säuren dieser Gruppe im Schweisse vor. Fettabsonderung in der Hohlhand, wo die Talgdrüsen fehlen, wurde durch *Krause* (a. a. O. S. 146) nachgewiesen. — Bevor noch *Schottin* seine ausführlichen Untersuchungen über den Schweiss anstellte, hatte er (Archiv f. phys. Heilk. B. 10. S. 469) auf der Haut von Choleraleichen Harnstoff gefunden, der hauptsächlich im Gesichte, am Halse und an den Händen mit dem Schweisse ausgeschieden worden war, und mehrere derartige Fälle erwähnt er auch in seiner letzten Arbeit (Ebend. Bd. 11. S. 88). Obwohl er bei Gesunden keinen Harnstoff im Schweisse nachweisen konnte, hält er doch dessen Abwesenheit noch nicht für bewiesen; auch will *Landerer* (a. a. O. S. 195) in Athen Harnstoff im Schweisse gefunden haben.

Favre (*Comptes rendus T.* 35. *p.* 721), der mit 40 Liter (?) Schweiss operirte, will Milchsäure, eine eigenthümliche Schweisssäure (*Acidum hydroticum s. sudoriferum*) mit der Zusammensetzung von $C^{10}\ H^{16}\ N^{2}\ O^{13}$ und ausserdem Harnstoff gefunden haben, läugnet dagegen das Vorkommen flüchtiger Säuren.

§ 154. Schweissabsonderung.

Bei der Beschreibung der gewundenen Drüsen, die im Allgemeinen als Schweissdrüsen anzusehen sind, haben wir schon auf die Verschiedenheit des Inhalts der Röhrchen hingewiesen, deren Einfluss auf das Absonderungsproduct keinem Zweifel unterliegen kann. Während in den meisten Drüschen nur kernhaltige Zellen mit einem formlosen Inhalte vorkommen, findet man in den Achselhöhlendrüsen die Zellen meistens zum Theil mit Fett, zum Theil mit braunen Körnchen angefüllt. Man findet ferner in der Höhle der Röhrchen

im Allgemeinen nur eine wässrige Flüssigkeit, in jenen der Achselhöhle dagegen eine mehr oder weniger zähe Masse mit zahlreichen blassen Körnchen, oder auch mit grösseren, gelblichen Körnchen oder Fettkügelchen, ja selbst mit Kernen und abgestossenen Zellen, die eine ziemlich feste Masse bilden. Endlich sahen wir auch nur bei diesen Drüsen Schleim aus den Epithelialzellen austreten.

Alle diese Umstände machen es wahrscheinlich, dass in vielen Schweissdrüsen der Achselhöhle durch die lebendige Metamorphose, durch Abstossen und Dehiscenz der Zellen ein weniger flüssiges Secretum geliefert wird, welches reicher an Fett und Schleim ist. Das von manchen Achselhöhlendrüsen herrührende indessen ist flüssig, und da auch nicht selten in andern Schweissdrüsen eine ähnliche Metamorphose der Zellen vorkommt, so ist es vorläufig nicht möglich, eine Eintheilung der verschiedenen gewundenen Drüsen aufzustellen.

Die Thätigkeit der Schweissdrüsen ist unter ungleichen Umständen eine ganz verschiedenartige. Im Allgemeinen ist die Schweissabsonderung bei hoher Temperatur, bei körperlichen Anstrengungen und bei lebhaften Bewegungen sehr vermehrt, sie steht jedoch durchaus nicht in einem entsprechenden Verhältnisse zur Temperatur der Haut und zum Andrange des Bluts zu diesem Organe. Erwägt man nun noch, dass die Schweissabsonderung bei mancherlei Störungen des Nervensystems und selbst durch eine vorübergehende Abkühlung der Haut sich in auffallender Weise verändern kann, so kommt man zu dem Schlusse, dass sie unter dem Einflusse des Nervensystems steht.

Aller Schweiss, der sich tropfenförmig auf der Haut ansammelt, stammt aus den Schweissdrüsen. An der unsichtbaren Hautausdünstung nehmen dieselben unter gewöhnlichen Umständen nur einen geringen Antheil. Die Ausdünstung geht continuirlich von statten, die Schweissbildung dagegen steht mit der wechselnden Nerventhätigkeit in Verbindung. Bei starken Körperbewegungen kann der Gesammtverlust durch Lungen und Haut viermal grösser werden, und diese Zunahme fällt zum grössern Theil auf Rechnung der Schweissdrüssen. Man sieht alsdann kleine Tröpfchen aus den Schweissporen austreten und auf der Oberhaut zu grössern Tropfen zusammenfliessen, so dass auf der gesammten Hautoberfläche Schweiss verdampft und auch tropfenförmig abfliesst. Wenn die Haut nach vorgängiger Abdunstung trocken wird, dann fühlt sie sich mehr oder weniger gespannt an, was von der rückständigen Schicht fester Bestandtheile, namentlich der kleinen Krystalle herrührt. Durch

die unsichtbare Hautausdünstung kommt diese Art von Spannung nicht zu Stande und durch sie werden gewiss nur wenige Salze ausgeschieden. — Die Schweissabsonderung scheint nicht überall zur Entwickelung der Schweissdrüsen im Verhältniss zu stehen. An der Stirn und im Gesichte ist die Absonderung in der Regel viel stärker als an den in gleicher Weise entblössten Händen, obwohl in der Hohlhand weit mehr Schweissdrüsen vorkommen. In der Achselhöhle entspricht der starken Schweissabsonderung eine reichliche Entwickelung von Schweissdrüsen.

Das Volumen aller Schweissdrüsen zusammen berechnet *Krause* auf 4 Kubikzoll, was etwa $\frac{2}{7}$ des Volumens beider Nieren beträgt. Die absondernde Oberfläche aller Schweissdrüsen zusammen berechnet *Valentin* auf $\frac{1}{2}$ Quadratmeter, während jene der äussern Haut $1\frac{1}{2}$ Quadratmeter beträgt. Ob Menschen, die selten und wenig schwitzen, auch nur wenig entwickelte Schweissdrüsen besitzen, darüber fehlen noch Untersuchungen.

Ueber den Uebergang innerlich genommener Subsanzen in den Schweiss haben wir von *Stark* und neuerlich auch von *Schottin* Untersuchungen erhalten. Wurde viel Milchzucker genommen, so fand sich weder Zucker noch Milchsäure im Schweisse; Jodkali, täglich zu $\frac{1}{2}$ Drachme genommen, liess erst nach 5 Tagen Jodspuren auftreten; nach dem Genusse von Salicin wurde weder Salicin noch Salicylsäure, und nach Chinin wurde eben so wenig Chinin im Schweisse gefunden. Weinsteinsäure und Bernsteinsäure gingen alsbald in den Schweiss über. Benzoesäure und Zimmtsäure kamen als solche, letztere vielleicht als Benzoesäure im Schweisse vor, aber keineswegs als Hippursäure, wie es beim Uebergange der genannten Substanzen in den Harn der Fall ist. Ausserdem scheinen noch manche riechende Stoffe durch die Haut zu entweichen.

Welche Bestandtheile in den Epithelialzellen der Schweissdrüsen sich bilden oder unmittelbar aus der Ernährungsflüssigkeit transsudiren, das lässt sich nur zum Theil bestimmen. Das Epithelium enthält ohne Zweifel Proteinverbindungen: die gelbe Färbung, welche die ganzen Schweissdrüschen bei Einwirkung von Salpetersäure annehmen, das körnige Präcipitat, welches nach vorgängiger Einwirkung von Natron und Kali durch Essigsäure entsteht, durch Ueberschuss der letztern aber wieder verschwindet, sprechen dafür. Proteinverbindungen sind aber wenigstens im normalen Schweisse zweifelhaft, sie scheinen daher in den Schweissdrüsen eine Umwandlung zu erfahren. — Durch Wassereinwirkung kommt aus dem Epithelium der Achseldrüsen Schleim zum Vorschein, der durch Essigsäure zusammenschrumpft und dunkler wird. In andern Schweissdrüsen beobachteten wir nichts der Art. Gleichwohl hat man auch im Schweisse keinen Schleim gefunden. Nur erwähnt *Schottin* in seinem letzten Aufsatze, dass er, nachdem er die Kautschukröhre 5 Tage lang getragen hatte, die Oberhaut mit einer Schleimlage bedeckt fand, die er, wahr-

scheinlich wohl ohne Grund, von der Einwirkung des Schweisses auf die Hornzellen der Epidermis ableitet; *Gillibert d'Hercourt* (*Valentin's* Jahresbericht f. 1853. S. 168) aber giebt an, der zuerst austretende Schweiss, worin auch allein nur Fett vorkommen soll, sei dicker und schleimiger, was zur Schleimbildung in den Zellen der Schweissdrüschen passt. — Das im Schweisse vorkommende Fett wird, gleich den braunen Körnchen im Achselschweisse, höchst wahrscheinlich in den Epithelialzellen gebildet. In der Achselhöhle ist das Epithelium reich an Fett und man sieht es dabei zu Grunde gehn; aber auch im Epithelium anderer Schweissdrüsen trifft man nicht selten einzelne feine Fettpünktchen an.

Die Absonderung der Schweissdrüsen ist zu unbeständig, als dass man nur daran denken könnte, die mittlere Menge des Schweisses bestimmen zu wollen.

Valentin (Repertorium Bd. 8. S. 394) verlor, wenn er ruhig sass, durch Lungen und Haut in der Stunde 32,8 Gramme. Als er eine Stunde in der Sonne spatziren ging, wobei er mässig schwitzte und stark hungerte, verlor er 89,3 Gramme. Nahm er reichlich 7 Unzen Wasser und Speisen zu sich, und machte er sich dann bei einer Temperatur von 21,8 C. eine starke Bewegung, wobei er sehr in Schweiss kam, so verlor er durch Lungen und Haut in der Stunde 132,7 Gramme, also mehr denn viermal so viel als in der Ruhe. Durch vergleichende Untersuchungen suchte er nachzuweisen, dass dieser grosse Verlust hauptsächlich einer stärkeren Schweissabsonderung zuzuschreiben sei. — Als Maximum der Schweissabsonderung fand *Gillibert d'Hercourt* bei Wassercuren 800 Gramme in $1\frac{1}{2}$—2 Stunden.

Den Einfluss der Blutmischung und des Nervensystems auf die Schweissabsonderung, worauf schon *J. Müller* (Handb. d. Phys. Bd. 1. S. 565) hingewiesen hat, gewahrt man namentlich bei manchen Krankheiten. Beim Typhus bleibt die Haut, trotz ihrer brennenden Hitze, oftmals ganz trocken. Bei einem Anfall von *Intermittens* ist die Haut eine Zeit lang heiss, ohne dass Schweiss kommt, der aber einige Zeit nachher in reichem Maasse ausbricht. Durch manche Arzneimittel wird die Absonderung der Schweissdrüsen vermehrt, durch andere wird sie vermindert. Den Einfluss des Nervensystems erkennt man auch schon daraus, dass die Schweissabsonderung unter verschiedenen Umständen einen so grossen Wechsel zeigt. Wir wollen noch einen merkwürdigen uns bekannt gewordenen Fall von sympathischer Schweissabsonderung durch willkürliche Bewegung hinzufügen. Bei einem jungen Menschen tritt nämlich, so oft er isst, auf der ganzen rechten Backe ein reichlicher Schweiss auf, der unmittelbar nach dem Essen wiederum aufhört.

Drittes Kapitel.

Unsichtbare Hautausdünstung.

§ 155. Art und Menge der unsichtbaren Hautausdünstung.

Bedeutsamer vielleicht, als die Absonderung der Schweiss- und Talgdrüschen, ist die unsichtbare Ausdünstung, welche anhaltend durch die Haut stattfindet. Sie ist doppelter Art. Zuvörderst findet eine Wasserverdunstung aus der oberflächlichsten Schicht der Epidermiszellen statt, während aus den tieferen Schichten, welche an die Ernährungsflüssigkeit der Haut grenzen, Wasser bis zu den oberflächlichsten Schichten dringt. Zweitens geht auf der ganzen

Haut ein Gaswechsel vor sich. Nicht blos Sauerstoff wird hier aufgenommen und Kohlensäure dafür ausgeschieden, auch andere Gase dringen durch die Haut ins Blut und giftige Gase können auf diesem Wege selbst tödtlich wirken.

In dieser Beziehung ist also der Stoffwechsel durch die Haut identisch mit jenem durch die Lungen: an beiden Stellen wird Wasser und Kohlensäure ausgeschieden und dafür Sauerstoff aufgenommen. Der Unterschied ist nur der, dass durch die Haut mehr Wasser ausgeschieden wird und ausserdem auch Salze und organische Substanzen, während in den Lungen der Gasaustausch das Vorherrschende ist.

Insoweit die Substanzen aus der Haut gas- oder dunstförmig austreten, wird diese Ausscheidung in Gemeinschaft mit jener der Lungen unter dem Namen der unsichtbaren Ausdünstung (*Perspiratio insensibilis*) zusammen gefasst. Zur sichtbaren Hautabsonderung gehören, wie wir gesehen haben, der Schweiss und die Hautschmiere. Eine scharfe Trennung der sichtbaren und der unsichtbaren Ausscheidung ist jedoch nicht möglich. Sondern die Schweissdrüsen nur in einem mässigen Grade ab, so werden sich, wenn die Luft trocken ist, keine Schweisströpfchen auf der Haut zeigen, und das Product der Schweissdrüsen wird dann in der unsichtbaren Ausdünstung mit enthalten sein; umgekehrt werden aber auch Bestandtheile der unsichtbaren Ausdünstung in den aufgefangenen Schweiss übergehen können.

In der Allg. Phys. wird untersucht, in welcher Menge Substanzen auf den verschiedenen Wegen ausgeschieden werden. Es wird sich dort herausstellen, dass die sichtbaren Ausscheidungen durch die Nieren und den Darmkanal zu den in der Regel unsichtbaren in einem Verhältniss $= 1 : 0,7$ bis 1 stehen, dass der Wasserverlust am reichlichsten durch die Nieren stattfindet, und dass von den festen Bestandtheilen der Nahrungsmittel schliesslich nicht weniger denn $\frac{4}{5}$ durch Haut und Lungen austreten. Schwieriger ist es, den Verlust durch die Haut und durch die Lungen gesondert zu bestimmen. *Sanctorius*, der Begründer unserer Kenntnisse, die wir über diesen Gegenstand besitzen, setzte sich unter verschiedenen Umständen auf eine Wage und bestimmte den Gewichtsverlust, den er durch Lungen und Haut zusammen erlitt. *Séguin* umhüllte sich vollständig mit einem impermeabeln Mantel, worin sich blos eine Oeffnung zum Athemholen befand, so dass die ganze Hautausscheidung in dem Mantel zurückblieb: die Differenz im Gewichts-

verluste bei diesem Versuche und beim Verharren in der gewöhnlichen Atmosphäre gab den Gewichtsverlust durch die Haut an. So erhielt er im Mittel in der Minute 5,232 Grane Gewichtsverlust für die Lungen und 10,465 Grane, also das Doppelte für die Haut. Dieses giebt für den Tag etwa 31½ Unzen Gewichtsverlust durch die Haut. Dieses Verhältniss zu Grunde legend berechnete dann *Krause* aus *Séguin's* Versuchen das Minimum (unmittelbar nach dem Essen und unter ungünstigen Umständen) auf 5,93 Grane, das Maximum auf 18,6 Grane. Bei sonst gleichen Umständen wird im nüchternen Zustande durch die Haut 1,34 Grane weniger ausgeathmet, als während der Verdauung. *Valentin* erhielt 51,6 Grane mittleren Gewichtsverlust durch Lungen und Haut, und wenn er davon den gefundenen mittleren Verlust durch die Lungen = 20,833 Gr. abzog, so blieben für die Haut 30,767 Gr. übrig: das Verhältniss war also = 2 : 3.

Den Einfluss der Jahreszeiten ersieht man aufs Deutlichste aus den frühern Versuchen von *Rye*, der die gesammte *Perspiratio insensibilis* im Sommer grösser fand als im Winter, obwohl gerade im Sommer weniger durch die Lungen verloren geht.

Die unsichtbare Ausdünstung war den Alten nicht ganz unbekannt. Bewiesen wurde sie aber erst durch die unter verschiedenen Umständen lange fortgesetzten Versuche des *Sanctorius Sanctorius* (1594), dessen *Aphorismi de statica medicina* einen grossen Ruf erlangten und auf die Lehre von den Krankheitsursachen, auf die Hygieine und selbst auf die Therapie von grossem Einfluss waren. Seine gewonnenen Resultate wurden späterhin von verschiedenen Seiten bestätigt, und in der Ausgabe von *Noguez* (*Sanctorii Sanctorii de statica medicina aphorismorum sectionibus septem distinctorum explanatio physico-medica. Par.* 1725) finden wir schon eine *Statica medicina Gallica* von *Dodart* und eine *Statica medicina Britannica* von *Keill* aufgenommen; diese hatten in Frankreich und besonders in England einen geringeren Verlust durch die Haut gefunden, als unter dem wärmeren Himmel Italiens. Die Ausdauer, womit während einer langen Reihe von Jahren die Menge der Ausscheidungen auf verschiedenen Wegen und der modificirende Einfluss fast aller Umstände untersucht wurde, verdient unsere Bewunderung. Später haben König *Karl* II. von England, *Rye*, *Home*, *Robinson*, *Lining*, *W. Stark* und Andere (s. *Krause* a. a. O. S. 1391 und *Owen Rees*, Art. *Sweat* in *Todd's Cyclop. p.* 841) ähnliche Versuche ausgeführt. *Valentin* (Repertorium f. Anat. u. Phys. Bd. 8. S. 389) hat an sich selbst Versuche angestellt, die sich durch ihre grosse Genauigkeit auszeichnen; allein sie wurden nur 3 Tage hindurch fortgesetzt. Aus *Rye's* Versuchen berechnet *Krause* die Hautausdünstung für jeden Monat, wobei er, auf *Séguin* sich stützend, den Verlust durch die Haut doppelt so gross annimmt als jenen durch die Lungen. So bekommt er aber gewiss für die Sommermonate zu wenig, für die Wintermonate zu viel, weil der Verlust durch die Lungen, statt in gleichem Verhältniss mit jenem durch die Haut zu wachsen, im Sommer eher sich mindert.

Valentin's Versuche bestimmen den Gesammtverlust durch Haut und Lungen unter verschiedenen Umständen auf sehr genaue Weise; den Verlust durch die Haut allein können sie aber nur dann genau kennen lehren, wenn man genau weiss, wieviel durch die Lungen verloren geht. Diesen letztern Verlust

berechnete *Valentin* (Physiologie Bd. 1. S. 598) nach dem, was er an sich selbst beobachtet hatte, und so fand er den Verlust durch die Lungen zu jenem durch die Haut = 2 : 3, während *Séguin*, wie wir sahen, das Verhältniss 1 : 2 gefunden hatte. Die Untersuchungen, welche darüber das meiste Licht verbreiteten, sind aber wirklich jene von *Séguin* (*Mémoires de l'Acad. de Paris* 1790 und *Annales de Chimie T.* 90); derselbe hat 11 Monate hindurch, und zwar meistens an sich selbst, mit grosser Sorgfalt Versuche angestellt. Aber auch hier wurde dieser Verlust nicht direct bestimmt, und wir müssen zugeben, dass er nicht gut auf directem Wege scheint bestimmt werden zu können, weil jede denkbare Methode auf die Hautfunction selbst modificirend einwirkt. In wie weit nun die Störung der Ausdünstung und des Gaswechsels in der Haut bei *Séguin's* Versuchen auf den Verlust durch die Lungen von Einfluss war, und wie also die indirecte Bestimmung einen Fehler involvirte, das lässt sich *a priori* nicht bestimmen.

§ 156. Wasserverlust durch die Haut.

Der Wasserverlust durch die Haut ist bedeutend. Auf die gesammte *Perspiratio insensibilis* kann man reichlich 1 Kilogramm Wassser in 24 Stunden rechnen, und davon werden im Mittel $\frac{7}{10}$ durch die Haut und $\frac{3}{10}$ durch die Lungen entfernt (s. Allgem. Phys.). Dieser Wasserverlust durch die unsichtbare Ausdünstung steht nur wenig hinter jenem durch die sichtbaren Ausscheidungen zurück.

Die 7 Unzen Wasser, welche im Mittel durch die Haut austreten, werden sicherlich nur zu einem kleinen Theile durch die Schweissdrüsen abgesondert, die nur erst bei körperlicher Anstrengung und bei hoher Temperatur in lebhafte Thätigkeit gerathen.

Unter gewöhnlichen Umständen verdunstet also das Wasser grösstentheils durch die Oberhaut. Die Beweise dafür verdanken wir hauptsächlich *Krause*; dieser hat dargethan, dass die Oberhaut, welche nur schwer für Flüssigkeiten permeabel ist, Wasserdunst und andere bei niedriger Temperatur verdunstende Flüssigkeiten leicht durchlässt. Er weist auf den erheblichen Gewichtsverlust hin, dem nach seinen Untersuchungen auch Leichname unterliegen, wo doch die Absonderung der Schweissdrüsen unzweifelhaft aufgehört hat, und berechnet zuletzt die Oberfläche sämmtlicher Schweissporen, wobei sich ergiebt, dass eine Verdunstung auf dieser Oberfläche bei der Temperatur des Körpers nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{2}{9}$ jenes Wasserverlustes deckt, den die Haut innerhalb einer bestimmten Zeit erleidet. Wir haben uns demnach vorzustellen, dass die oberflächlichsten Hornzellen unaufhörlich Wasser an die Atmosphäre abgeben, und dass gleichzeitig aus den tieferen Schichten Wasser, welches ursprünglich aus den oberflächlichen Gefässen

der Haut stammt, nach der Oberfläche hin dringt. Die hygroskopischen Eigenschaften des Epidermisgewebes befördern diesen Uebergang von Wasser aus den tieferen nach den oberflächlichern Schichten.

Bei dieser Auffassung begreift man unschwer, welche Umstände beim Wasserverluste durch die Haut eine Rolle spielen. Zunächst wird denselben alles fördern, was die Verdunstung im Allgemeinen vermehrt: geringer relativer Wassergehalt, hohe Temperatur, geringe Spannung und besonders Bewegung der umgebenden Luft an der Oberfläche des Körpers. Sodann ist der Blutumlauf durch die Haut von Einfluss; ist dieser gesteigert, so findet eine reichlichere Absonderung von Ernährungsflüssigkeit statt, welche die Oberhaut durchdringen kann. Deshalb schon wirken hohe Temperatur und Körperanstrengung befördernd nicht allein auf die Absonderung von Schweiss, sondern auch auf die unsichtbare Hautausdünstung, wobei durch die erstere auch noch zugleich die Verdunstung gesteigert wird. Endlich nimmt die Ausdünstung auch noch durch Getränke zu, ohne Zweifel deshalb, weil das Blut dadurch verdünnt wird.

In vielen Fällen wird die eine Einwirkung durch eine andere wiederum aufgehoben, so z. B. die Trockenheit der Luft zur Winterszeit oder der geringe Druck auf hohen Bergen durch die Kälte u. s. w.

Den Umstand, dass die Epidermis für viele Flüssigkeiten kaum durchgängig ist, hat man vielfach als ein Hinderniss angesehen, dass durch ihr Gewebe eine Verdunstung stattfinde. *Krause* (a. a. O. S. 157) hat die Möglichkeit und damit auch die Nothwendigkeit dieser Verdunstung über allen Zweifel erhoben. Sicherlich kann man aus der Absonderung der Schweissdrüsen die unsichtbare Ausdünstung, wenn kein Schweiss sichtbar ist, nicht erklären. Man sieht dann keine Flüssigkeit bis zu den Mündungen der Schweissdrüsen aufsteigen, und noch viel weniger über die Hautoberfläche sich verbreiten. Mit *Stanhope's* Loupe, die man auf die Haut drücken kann, bemerkt man dann auch keine besondere Absonderung in den Schweissporen. Wären aber auch alle Schweisskanälchen bis an ihre offenen Mündungen mit Schweiss angefüllt, die Verdunstung dieser Oberfläche würde nach *Krause's* Berechnung doch nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{2}{9}$, nach *Valentin's* Berechnung, der die gesammte Oberfläche dieser Mündungen auf 0,143 Q. Meter schätzt, nur $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{8}$ der Ausdünstung decken können.

Den grossen Einfluss der Lufttrockenheit auf den Wasserverlust durch die Haut hat *Edwards* (*De l'influence des agens physiques sur la vie. Paris* 1825) experimentell nachgewiesen. Vögel verlieren in einer ganz trocknen Luft sechs Mal mehr an Körpergewicht, als in einer Luft von 15°, die mit Wasserdampf gesättigt ist. Bei frei herumfliegenden Vögeln, die immer von frischer Luft umgeben wurden, war der Gewichtsverlust noch bedeutender, was aber zum Theil der lebhafteren Respiration zugeschrieben werden muss. Ueber den Einfluss der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft auf den Wasserverlust durch Haut und Lungen s. auch *Ned. Lancet* 2e *Serie V.*

§ 157. Gasentwickelung durch die Haut.

Die Gasentwickelung durch die Haut ist viel weniger genau untersucht als jene durch die Lungen. Es steht aber fest, dass Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure ausgestossen wird, wenn auch, in der Ruhe wenigstens, in unbedeutender Menge. *Scharling* fand bei seinen Versuchen mit Menschen das Verhältniss der Kohlensäure, welche durch die Haut entfernt wird, zu jener, welche durch die Lungen austritt, nur = 1 : 25,22 bis 51,42; bei Hühnern, Kaninchen und Hunden fanden aber *Regnault* und *Reiset* die verhältnissmässige Kohlensäuremenge in der Regel noch viel geringer und auch von dieser vermuthen sie, dass sie zu einem guten Theile durch den Darmkanal ausgeschieden wurde.

Bei *Scharling's* Versuchen und bei jenen von *Regnault* und *Reiset* befand sich der Körper des Menschen oder des Thiers in einem geschlossenen Raume und die Respiration ging frei nach aussen von statten. In anderer Weise hat *Gerlach* in Berlin seine Versuche angestellt. Er befestigte eine zu diesem Zwecke eingerichtete Blase mit einer Oeffnung von bekanntem Durchmesser luftdicht auf der Oberfläche der Haut von Menschen und von Thieren, liess dieselbe, zuerst mit atmosphärischer Luft gefüllt, einen oder mehrere Tage liegen, untersuchte einige Male die Zusammensetzung des in der Blase enthaltenen Gases, das er zum Theil durch einen Hahn ablassen konnte, und entleerte zuletzt die in der Blase zurückgebliebene Luft. Von der Kohlensäuremenge ausgehend, welche *Vierordt* im Mittel ausathmete, berechnete *Gerlach* das Verhältniss des Kohlensäureverlustes durch die Haut zu jenem durch die Lungen = 1 : 92. Es lehrte diese Untersuchung ferner, dass der Sauerstoff abgenommen hatte, obwohl die Menge des aufgesaugten Sauerstoffs geringer war als jene der ausgeschiedenen Kohlensäure. Das Verhältniss zu dem durch die Lungen aufgenommenen Sauerstoffe war nur = 1 : 137. — Bemerkenswerth ist es, dass sowohl die Sauerstoffaufnahme als die Kohlensäureausscheidung bei hoher Temperatur und zumal bei Körperbewegung auffallend zunahmen. Wenn der beim Pferde gefundene stärkere Gasaustausch auch für den Menschen gültig ist, dann hat die Haut bei Bewegungen und Körperanstrengungen eine grosse Bedeutung als Athmungsorgan.

Die Ausscheidung von Stickstoff durch die Haut ist nicht bewiesen und sie lässt sich auch nur beweisen, wenn man die Versuche

mit einer bekannten absoluten Stickstoffmenge anstellt, in der Weise, wie sie von *Regnault* und *Reiset* bei der Respiration ausgeführt worden sind (s. § 134). Analysirt man einfach jene Luft, die eine Zeit lang mit der Haut in Berührung blieb, so kann das abgeänderte Verhältniss zwischen Sauerstoff und Stickstoff ebensowohl von der Absorption des erstern als von einer Ausscheidung des letztern herrühren. Die Aufsaugung des Sauerstoffs nun unterliegt keinem Zweifel, da auch giftige Gase durch die Haut aufgenommen werden, und *Gerlach* hat es höchst wahrscheinlich gemacht, dass hauptsächlich die Aufsaugung an dem abgeänderten Verhältniss zwischen Stickstoff und Sauerstoff Schuld ist. Indessen hat man keine Gründe dazu, die Ausscheidung von Stickstoff durch die Haut zu läugnen. — In der Regel fand *Gerlach* auch Spuren von Kohlensäure und von freiem Ammoniak.

Eine Ausscheidung von Kohlensäure durch die Haut ist schon durch ältere Versuche dargethan worden. Nach *Abernethy* (Chir. u. physikal. Versuche, übers. v. *Brandis*. Leipz. 1795) sollten die von der Haut ausgeschiedenen Gase $\frac{2}{3}$ Kohlensäure und $\frac{1}{3}$ Stickstoff enthalten. *Collard de Martigny* (*Magendie's Journ de Phys. T.* 11) wollte gefunden haben, dass bei vegetabilischer Nahrung mehr Kohlensäure, bei animalischer Nahrung mehr Stickstoff entweicht und dass der letztere auch ganz fehlen kann. Er will auch durch die Haut ausgeschiedenes Gas über Wasser aufgefangen haben, und es wird auch wohl von Luftbläschen gesprochen, die aus Schweissporen kommen und den Schweiss heraustreiben sollten. Die ersten quantitativen Bestimmungen über die durch Haut (und Darmkanal) entweichende Kohlensäure verdanken wir *Scharling* (Annalen d. Chem. u. Pharm. Bd. 36. S. 454 und Bd. 48. S. 435). Auch haben *Regnault* und *Reiset* (*Ann. de Chimie et de Physique. T.* 26. *p.* 506) hierüber zwei Reihen von Versuchen angestellt. In beiden Versuchsreihen athmete das Thier frei, während der Körper selbst in einen Sack eingeschlossen war: bei der ersten Reihe wurde die Luft erneuert und die Kohlensäure wurde während des Versuchs absorbirt; bei der zweiten Reihe blieb das Thier 8 Stunden hindurch in dem mit 4 bis 5 Liter Luft gefüllten Sacke, und die Luft wurde nicht erneuert. In beiden Versuchsreihen war die Kohlensäuremenge so unbedeutend ($\frac{1}{300}$ bis $\frac{1}{60}$ des gesammten Athmungsvolums), dass sie ihre Versuche über den combinirten Gasaustauch der Lungen und der Haut mit Recht so ansehen, als bezögen sie sich lediglich auf die Lungen allein. In der zweiten Versuchsreihe stellte es sich heraus, dass, wenn der Stickstoffgehalt als unveränderlich angenommen wurde, etwa gleich viele Volumina Sauerstoff verschwanden, als Kohlensäurevolumina ausgeschieden wurden. Sie erwähnen auch einer Spur ausgeschiedenen Wasserstoffs.

Gerlach (*Müller's* Archiv 1851. S. 431) untersuchte die veränderte Zusammensetzung der Gase, die 24 bis 89 Stunden hindurch in einer mit Lack überzogenen Blase mit einer der Grösse nach bekannten Hautoberfläche in Berührung erhalten wurden und woraus er auch während des Versuchs einen Theil des Gases herauslassen konnte, um dasselbe zu analysiren. Auf diese Weise bestimmte er, welchen Einfluss beim Pferde die Bewegung übt. Nach den gewonnenen Resulsaten berechnete er den Gasaustausch für die gesammte Hautoberfläche, die er bei Pferden auf 50, beim Menschen auf 15 Quadratfuss veranschlagte. Er fand aber in Cubikzollen:

Versuchs-objecte.	Auf 1 Q.-Zoll Hautoberfläche in 24 Stunden:		Für die ganze Körperoberfläche berechnet:		Der O verhält sich zur CO^2 =	Bemerkungen.
	Verschwundene CO^2	Aufgenommener O	Verschwundene CO^2	Aufgenommener O		
Mensch	1,99	0,86	4288	1857	100 : 231	Ruhend.
Desgl.	2,21	1,75	4773	3780	100 : 128	1stünd. Bewegung.
Pferd	1,18	0,74	8517	5328	100 : 146	Ruhend.
Desgl.	2,13	0,61	15336	4392	100 : 349	Desgl.
Desgl.	5,86	0,96	42192	6912	100 : 610	Bewegung.
Desgl.	1,29	0,40	9288	2232	100 : 322	Ruhend.
Desgl.	1,70	0,82	12240	5904	100 : 207	Desgl.
Desgl.	3,67	0,79			100 : 464	Entzündete Haut.
Hund	1,15	0,26			100 : 442	Ruhend.

Bei der Berechnung des absorbirten Sauerstoffs, dessen Menge im Verhältniss zur ausgeschiedenen Kohlensäure sehr unbedeutend ist, wurde angenommen, das Stickstoffvolumen erleide keine Veränderung, was indessen, wie wir gesehen haben, nicht bewiesen ist. Man ersieht ferner, dass der Gasaustausch durch die Haut beim Menschen am grössten, beim Hunde am geringsten ist. Es ergaben aber *Gerlach's* Versuche für den Hund ein noch grösseres Quantum als *Regnault* und *Reiset* gefunden hatten, für den Menschen dagegen ein geringeres, als bei *Scharling*. Aufs Deutlichste stellt sich der Einfluss der Bewegung heraus, auf die Kohlensäureausscheidung sowohl als auf die Sauerstoffabsorption. Wenn während der 24 Stunden, so lange die in der Blase eingeschlossene Luft mit der Hautoberfläche in Berührung blieb, auch nur 1 Stunde hindurch Körperbewegung statt fand, so gab sich dies beim Menschen schon sehr deutlich durch die Veränderung kund, welche die Gase erlitten hatten. *Gerlach* macht die Berechnung, dass beim Pferde während des Trabens im Mittel 117 Mal mehr Kohlensäure abgesondert und 42 Mal mehr Sauerstoff aufgenommen wurde. So wurde unter andern bei einem Pferde, welches ½ Stunde hindurch im schnellen Trab gelaufen war, eine Viertelstunde darnach eine bestimmte Quantität Luft entzogen, und es fand sich, dass in diesen ¾ Stunden auf einen Quadratzoll Oberfläche 1,54 Cub.-Centim. Kohlensäure ausgeschieden und 0,46 Cub.-Centim. Sauerstoff absorbirt worden war, was ungefähr der Menge gleichkommt, die im ruhenden Zustande binnen 24 Stunden ausgetauscht wird. — Eine erhöhte Temperatur befördert ebenfalls den Gasaustausch durch die Haut, was sich also umgekehrt verhält, wie beim Athmen. Jener Austausch durch die Haut ist im Allgemeinen am grössten, wenn der Blutumlauf durch die Haut befördert wird.

§ 158. Aufsaugung durch die Haut.

Wir haben die Epidermis als eine schwer permeabele Haut kennen gelernt, so dass nur durch die Schweissporen tropfenförmige Flüssigkeiten nach aussen durchtreten. Es kann daher nicht auffallen, dass auch die Aufsaugung durch die Haut sehr träge von statten geht. Die meisten giftigen Substanzen können wir längere Zeit ungestraft in die Hand nehmen und nur jene, welche auf das Epidermisgewebe auflösend wirken, wie z. B. starke Säuren und Alkalien, dringen schnell hindurch. Somit schützt uns die Epidermis gegen die Einwirkung vieler schädlicher Substanzen, welche

mit der Oberfläche unseres Körpers in Berührung kommen. Dass die Epidermis hierbei wirklich das Schützende ist, ergiebt sich nicht allein aus den Versuchen, welche *Krause* und andere über ihre schwere Permeabilität angestellt haben, sondern deutlich wird es auch dadurch bewiesen, dass die Haut so leicht absorbirt, sobald die Oberhaut entfernt ist. Schon eine geringe Hautabschilferung ist gefährlich bei Sectionen, bei Berührung syphilitischer Ansteckungsstoffe u. s. w., und das Auftreten allgemeiner Erscheinungen, wenn nach der endermatischen Methode auf die durch Vesicantien ihrer Hornschicht beraubte Haut stark wirkende Heilmittel oder Gifte einwirken, beweist aufs Entschiedenste, dass nur die Hornschicht der Hautaufsaugung hinderlich ist.

Ganz undurchdringlich ist aber die Oberhaut nicht, und ist also die Aufsaugung nicht ganz ausgeschlossen. Durch *Krause's* Versuche wissen wir, dass die isolirte Epidermis Gase und flüchtige Substanzen sehr leicht durchdringen lässt, und während des Lebens werden diese deshalb auch am schnellsten durch die Haut aufgenommen. Die Absorption von Kohlensäure und von giftigen Gasen, welche schon durch ältere Beobachter festgestellt wurde, hat sich bei *Gerlach's* Versuchen neuerdings bewährt. Kohlenoxydgas, welches bei einem Kaninchen mit der grössten Partie der Haut in Berührung gebracht wurde, erzeugte schon nach einer Stunde grosse Schwäche und Mattigkeit; Dämpfe von Blausäure, welche ein Kaninchen schon nach 20 Secunden tödteten, wenn sie eingeathmet wurden, übten, durch die Haut absorbirt, nach 20 Minuten ihre tödtliche Wirkung. Die Absorption von Chlor und von Schwefelwasserstoffgas war auch schon durch frühere Versuche dargethan. Es ergiebt sich ferner der Uebergang von *Aether sulphuricus* durch die entstehende Anästhesie, von Terpentinbestandtheilen durch den Geruch des Harns, von den flüchtigen, scharfen Stoffen der Vesicantia, der Senfsamen, des Crotonöls, des Meerrettigs durch die reizende Wirkung, die alsbald in der Haut sich hervorthut, ohne dass die hornige Schicht der Epidermis wesentlich verändert wird.

Alle diese flüchtigen Substanzen dringen, gleichwie verdampfendes Wasser, auch durch die isolirte Oberhaut hindurch. Ueberdies gehn aber auch manche Substanzen, für welche das Epidermisgewebe inpermeabel zu sein scheint, in das Blut über, wenn sie längere Zeit mit der Hautoberfläche in Berührung sind. Zunächst kann in einem warmen Bade, wenn auch nur sehr langsam, eine Absorption von Wasser statt finden, und dabei werden zugleich die

in jenem Wasser aufgelösten Substanzen mit aufgenommen, wie es aus den Vergiftungserscheinungen nach Waschungen mit Arsenik, mit Sublimat u. s. w. aufs Deutlichste sich ergeben hat. Ferner werden viele Substanzen in Salbenform aufgenommen, z. B. Quecksilber, welches die Quecksilberwirkungen hervorruft, Jod, welches sehr reizend auf die Haut einwirkt, schwefelsaures Atropin, welches in der Oberaugenhöhlengegend eingerieben die Pupille erweitert u. s. w. Auch wird die Aufsaugung gar sehr durchs Reiben unterstützt, weil dadurch die Substanzen wahrscheinlich in die Schweissporen und in die Haarbälge eindringen und einen Weg ins Blut finden, ohne dass sie die dicke Hornschicht zu durchdringen brauchen. Vielleicht beruht darauf auch zum guten Theil das Durchdringen von wässrigen Salzsolutionen.

Krause (Art. Haut S. 173—186) hat sorgfältig die Untersuchungen über die Hautabsorption zusammengestellt und selbst eine Anzahl desfallsiger Versuche unternommen. Er hat sich davon überzeugt, dass Wasserdampf und bei niedriger Temperatur auch flüchtige Substanzen leicht die isolirte Epidermis durchdringen, dass selbst nach einer mehrtägigen Einwirkung von Wasser das hornartige Aussehn nur in den oberflächlichsten Schichten verloren geht, dass die wässrigen Lösungen von Cyankalium und von schwefelsaurem Kupferoxyd selbst nach drei Tagen in die innern Partieen der Hornschicht noch nicht eingedrungen waren, und dass auch bei osmotischen Versuchen von Kochsalz, Salpeter, Zucker, Gummi, Eiweiss, Eisencyankalium, Eisenchlorid, chromsaurem Kali, essigsaurem Blei keine Spur durch die Oberhaut in das auf der andern Seite befindliche Wasser überging, endlich auch, dass nur chemisch wirkende Substanzen, wie Säuren und Alkalien, desgleichen salpetersaures Silber die Epidermis durchdringen. Bemerkenswerth ist ferner, dass in Alkohol und in Aether aufgelöste Salze gleichzeitig durchdringen.

Die Resultate dieser Versuche stimmen im Allgemeinen mit den Absorptionserscheinungen. Wenn es nun aber dargethan ist, dass auch mehrere Salze in wässriger Solution und in Salbenform aufgesaugt werden, was wir, trotz der negativen Resultate *Kletzinsky's* (*Valentin's* Jahresbericht für 1854. S. 158) für erwiesen erachten, so ist *Krause* der Ansicht, die Aufsaugung sei hierbei durch die Wandungen der Schweissdrüsen und der Talgdrüsen erfolgt, indem sich die Substanzen mit dem Secretum dieser Drüsen vermengen und dadurch unterhalb der Hornschicht gelangen. Dass manche Substanzen in Salbenform auch ohne Einreibung aufgenommen werden, namentlich das Quecksilber in der Quecksilbersalbe, haben wir mehrmals zu beobachten Gelegenheit gehabt, indem schnell Speichelfluss entstand, wenn diese Salbe, auf Leinwand gestrichen, bei *Erysipelas* im Gesichte aufgelegt wurde. Wir haben ferner nach einer Section, wobei die Hände mit Serum in Berührung gekommen waren, aus den Haarbälgen Pusteln entstehen sehen, und dies spricht entschieden für ein Eindringen in die Haarbälge.

Ueber die Zunahme des Körpergewichts im warmen Bade sind sehr viele Versuche angestellt worden, unter denen jene von *Madden* (*An experimental inquiry into the Physiology of cutaneous absorption. Edinb.* 1838) noch das meiste Vertrauen verdienen. Die Menge des in einem warmen Bade binnen einer halben Stunde absorbirten Wassers betrug 170 bis 817 Grane. *Berthold* (*Müller's* Archiv 1838. S. 117 181) beobachtete auch eine Gewichtszunahme im warmen Bade, und *Valentin* (Lehrbuch d. Phys. Bd. 1. S. 608) will an sich selbst die Wasseraufsaugung im Bade beobachtet haben. *Kletzinsky* ist dagegen geneigt, die an sich selbst wahrgenommene Gewichtszunahme einem blossen

Aufquellen der Oberhaut zuzuschreiben, und *Falck* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 11. S. 766) leitet die geringe Abnahme des Wassers, in welches er seinen Arm getaucht hatte, grossentheils von einem Aufquellen der Oberhaut ab, da er auch keine Veränderung der Harnabsonderung beim Baden beobachtete. Soviel scheint fest zu stehen, dass das Bad sehr lange einwirken muss, bevor eine Abnahme des Wassers und der darin gelösten Substanzen etwas bestimmter hervortritt. Die Einwendungen, welche *Kürschner* (Art. Aufsaugung in *Wagner's* Handwörterbuch Bd. 1. S. 74) gegen die Wasserabsorption durch die Haut vorbrachte, hat *Krause* zu widerlegen gesucht, besonders unter Hinweisung auf die Versuche von *Madden*.

Ueber Gasabsorption durch die Haut haben bereits *Abernethy* (a. a. O.), *Collard de Martigny* (a. a. O.) und *Lebküchner* (*Archives génér. de Méd. T.* 7. 1825) Versuche bei Menschen angestellt; *Gerlach* (a. a. O. S. 465) hat dieselben neuerer Zeit bei Kaninchen bestätigt.

§ 159. Bedeutung der Hautabsonderungen.

Die Bedeutung der Schweissabsonderung und der unmerklichen Ausdünstung durch die Haut ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Versuche an Thieren haben gelehrt, dass, wenn man den grössern Theil ihrer Hautoberfläche mit einem impermeabeln Oel oder Firniss bestreicht, wodurch alle Absonderung und Aufsaugung durch die Haut aufgehoben wird, der Tod nach einigen Stunden oder Tagen eintritt. Die Störung der Respiration sowohl als die Veränderungen, welche das Blut erfahren zu haben schien, führten zu der Schlussfolgerung, dass der Tod alsdann durch Asphyxie eintrete. Die chemische Natur jener durch die Haut ausgeschiedenen Substanzen, so weit sie nämlich bekannt sind, giebt aber noch keine vollständige Erklärung für diese bedeutenden Störungen. Der Austausch zwischen Sauerstoff und Kohlensäure durch die Haut ist im Zustande der Ruhe so geringfügig, dass die Lungen denselben sehr leicht müssen ersetzen können, und die asphyktischen Erscheinungen lassen sich also hieraus nicht direct erklären; die Ausscheidung von Wasser und von Salzen aber sollte, wie es scheint, beim Antagonismus zwischen Haut und Nieren, von den letztern übernommen werden können. Vielleicht wird bei den genannten Versuchen eine noch unbekannte Substanz entweder zurückgehalten oder in der Haut entwickelt, die schon in geringer Menge einen nachtheiligen Einfluss auf den Stoffwechsel äussert.

Der Antagonismus zwischen Haut und Nieren giebt sich ganz entschieden durch die reichlichere Harnabsonderung in den kalten Wintermonaten und den gleichzeitigen geringeren Verlust durch die Haut zu erkennen, zumal wenn wir uns dabei erinnern, dass der Wasserverlust durch die Lungen im Winter ebenfalls grösser ist, und dass dessen ungeachtet die gesammte Wassermenge, welche

durch den Körper geführt wird, eine weit geringere ist, als im Sommer. — In pathologischen Zuständen, vornehmlich bei *Diabetes*, kann die Harnabsonderung primär vermehrt sein, was secundär eine verminderte Hautsecretion zur Folge haben kann. Meistens wird jedoch durch anhaltende körperliche Anstrengungen, durch Feuchtigkeit und Druck der Luft und besonders durch die umgebende Temperatur die Hautabsonderung primär abgeändert, und dadurch wird dann antagonistisch jene der Nieren erhöht oder vermindert. Der Wasserverlust durch die Haut, worauf die umgebende Temperatur vom grössten Einflusse ist, erlangt gerade hierdurch die grösste Bedeutung für die Oekonomie der thierischen Wärme. Wenn die Haut zur Sommerszeit durch Ausstrahlung und Fortleitung weniger Wärme verliert, so verliert sie andererseits wieder desto mehr durch das an ihrer Oberfläche verdampfende Wasser, und so bleibt die Körperwärme dabei ziemlich die nämliche. (S. Allg. Phys.)

Lange Zeit hindurch hat man ohne strengen Beweis angenommen, die mannigfaltigen Krankheiten, welche nach Erkältungen auftreten, beruhten darauf, dass auszuscheidende Stoffe im Blute zurückgehalten würden (*Perspirabile retentum*). Dass diese Erklärung mindestens zweifelhaft ist, hat *Henle* überzeugend nachgewiesen. Die Qualität der durch die Haut ausgeschiedenen Substanzen, so weit sie bekannt ist, kann keine schädliche Wirkung auf das Blut üben; eine locale Erkältung erzeugt schon Krankheit, während doch eine locale Unterdrückung der Hautfunction durchs Auflegen impermeabeler Substanzen keinen nachtheiligen Einfluss übt; eine Erkältung während eines reichlichen Schwitzens ist am gefährlichsten, obwohl gerade die Schweisssecretion etwas Unbeständiges ist und somit nicht zu den nothwendigen *Excretis* zu gehören scheint; bei stark schwitzender Haut sind Luftströme (Zug), welche stark abkühlen, besonders gefährlich, und doch ist gerade hierbei, ungeachtet der Abkühlung, von der zuströmenden trocknen Luft eher eine verstärkte Hautausdünstung zu erwarten; endlich wollen wir noch hinzufügen, dass sogenannte katarrhalische Leiden eben so gut entstehn, wenn man sich bei kühler Haut auf einmal der Wärme aussetzt, als umgekehrt. Bewiesen ist also, dass rasche Temperaturveränderungen zu Krankheiten Veranlassung geben, nicht aber, dass dies mit einem *Perspirabile retentum* im Zusammenhange steht. Es scheint, dass man dabei eher an eine durch die Temperaturveränderung plötzlich gestörte Function der Haut-

nerven zu denken hat, deren Einfluss sympathisch in andern Körpertheilen sich geltend macht.

Es ist eine auffallende Erscheinung, dass die gänzlich unterdrückte Hautabsonderung alsbald den Tod zur Folge hat. Die Versuche von *Fourcault*, *Ducros*, *Becquerel*, *Breschet*, *Gluge* und *Magendie*, die von *Henle* (Allg. Pathologie Bd. 2. S. 239) angeführt werden, haben die nämlichen Resultate geliefert, die auch eben so von *Gerlach* (*Müller's* Archiv 1851. S. 467) bestätigt worden sind. Die dabei hervortretende Neigung zu Wasseranhäufung in verschiedenen Höhlen scheint darauf hinzuweisen, dass die Nieren die Entfernung des Wassers nicht so leicht übernehmen, wobei man sich dann die Störung des Stoffwechsels auf verschiedene Weise denken kann. Manchmal beobachtet man eine rasche Abnahme der Hauttemperatur, obwohl, wie *Krause* (a. a. O. S. 169) richtig bemerkt, von der unterdrückten Hautausdünstung eher eine erhöhte Temperatur zu erwarten wäre. Wirklich stieg in den dort angeführten Versuchen von *Delaroche* bei verschiedenen Thieren die Körperwärme nach 39 bis 75 Minuten um 1,3° bis 5,8° C., wenn bei gleichbleibender Temperatur des umgebenden Mediums die Luft mit Wasser gesättigt und dadurch das Verdunsten durch Lungen und Haut behindert wurde. *Krause* ist deshalb geneigt, die erhebliche Temperaturabnahme, welche *Becquerel* und *Breschet* bei mit Firniss überstrichenen Kaninchen wahrnahmen (binnen $\frac{1}{2}$ Stunde von 38° auf 24,5°, auf 22°, auf 20°), dem blossen Abscheeren der Haare zuzuschreiben. Indessen scheint die Temperatur bei Kaninchen gleich rasch abzunehmen, wenn auch die Haare nicht abgeschoren wurden, während dagegen bei Pferden die Abnahme der Körperwärme bei ganz behinderter Hautabsonderung erst deutlich wurde, wenn die Schwäche einen hohen Grad erreicht hatte und der Tod nahe bevorstand, der bei Pferden nach *Gerlach* erst nach mehreren Tagen eintritt. Die beständigen Erscheinungen bei Pferden, die wiederholt mit Leinöl angestrichen wurden, waren folgende: Beschleunigung des Pulses, zuerst starke Anfüllung der Arterien, vermehrte Harnabsonderung, beschleunigtes Athmen, allgemeines Zittern, rasche Abmagerung, grosse Schwäche, eiweisshaltiger Harn, endlich verminderte Temperatur. Die Blutanhäufung im Herzen, zumal in der rechten Herzhälfte, in den Lungen und einigermaassen auch in den Gehirnvenen in Verbindung mit den genannten Erscheinungen scheinen *Gerlach* eben so, wie dessen Vorgänger, zu der Schlussfolgerung geführt zu haben, der Tod nach unterdrückter Hautabsonderung sei durch Asphyxie herbeigeführt. Unseres Erachtens sind diese Erscheinungen nicht charakteristisch genug, dass man diesen Schluss daraus ziehen dürfte. Der plötzliche Verlust des Appetits, die schnell zunehmende Abmagerung und die von *Ducros* beobachtete schnelle Zersetzung und tympanitische Aufschwellung der Leichname deuten weit eher auf eine eigenthümliche Störung des gesammten Stoffwechsels, deren Ursache aber noch unbekannt ist. Bei Fröschen dagegen glauben wir den Erstickungstod annehmen zu müssen, weil die Haut dieser Thiere bestimmter als Athmungsorgan thätig ist. Wir beobachteten eben so, wie manche andere, dass Frösche Tage lang fortleben, wenn ihre Lungen ausgeschnitten oder an der Wurzel mit einem Faden umschnürt wurden, dass hingegen die Unterdrückung der Hautfunction durch Umwälzen in Pulver von Arabischem Gummi die Frösche schnell asphyktisch macht, wenn vorher die Lungen ausgeschnitten wurden.

Die Krankheitssymptome, welche nach einer stattgefundenen Erkältung auftreten, stimmen nicht mit den oben genannten überein, die auch nur dann auftreten, wenn fast der ganze Körper mit den impermeabeln Substanzen bestrichen wird. Die frühere Ansicht, als habe das *Perspirabile retentum* an diesen Symptomen directen Antheil, ist von *Henle* (a. a. O. S. 234—284) bestritten worden, und er hat es wahrscheinlich gemacht, dass, wenn nicht eine plötzlich abgeänderte Wirkung der Hautnerven selbst zur Erklärung dieser Erscheinungen benutzt werden kann, von diesen Nerven ausgehende Sympathieen zu Grunde liegen.

Von dem Antagonismus zwischen Nieren- und Hautabsonderung ist in der Allg. Phys. näher die Rede.. Bei der Harnabsonderung wird vom Einflusse der Temperatur und anderer Umstände auf die Menge des abgesonderten Harns umständlicher gehandelt.

C. Secretion und Excretion des Harns.

§ 160. Allgemeine Uebersicht.

Eine Reihe von Stoffen werden ohne Unterlass durch die Nieren aus dem Körper entfernt. Der grösste Theil der stickstoffhaltigen Producte des Stoffwechsels, die in der Allg. Phys. näher besprochen werden, vermag auf keinem andern Wege auszutreten, und hieraus ergiebt sich schon die Nothwendigkeit der Harnabsonderung als Lebensbedingung. Ausserdem wählen die Salze und das Wasser, abgesehen von einer Anzahl mehr oder weniger zufällig eingeführter Substanzen, zum grössern Theil die Nieren, um nach aussen zu gelangen.

Der durch eine Niere abgeschiedene Harn tritt in die Nierenkelche und von da ins Nierenbecken, und wird dann schnell durch den Harnleiter nach der Blase geführt. Hier kann sich der Harn in einer gewissen Menge anhäufen, dann stellt sich das Bedürfniss des Harnlassens ein und durch willkürliche Muskelwirkung wird die Flüssigkeit durch die Harnröhre nach aussen getrieben.

Wir haben somit die Absonderung und die Ausstossung des Harns zu unterscheiden. Im ersten Kapitel, welches von der Harnabsonderung handelt, schicken wir die Beschreibung der Nieren und die Betrachtung des Harns selbst dem Absonderungsprocesse voraus, dessen Bedeutung schliesslich noch näher festgestellt wird.

Im zweiten Kapitel wird von der Harnausscheidung gehandelt, und wir betrachten der Reihe nach die Kelche, das Becken, die Harnleiter, die Harnblase und die Harnröhre, wobei zugleich erörtert wird, welchen Antheil sie an der Fortbewegung und an der Ausstossung des Harns nehmen.

Erstes Kapitel.

Absonderung des Harns.

W. Bowman, *On the structure and use of the Malpighian Bodies of the kidney* (*Philos. Transactions* 1842). — Eine klassische, in Betreff des Anatomischen kaum verbesserte Arbeit.

Lehmann, Art. Harn in *Wagner's* Handwörterbuche und Lehrbuch der physiolog. Chemie. Bd. 2. S. 387.

Ludwig, Art. Niere und Harnbereitung in *Wagner's* Handwörterbuche, Bd. 2. S. 628.

§ 161. Bau der Nieren im Allgemeinen.

Die beiden Nieren, welche den Harn absondern, liegen in der *Regio lumbalis,* umgeben von Fett (der fettigen Nierenkapsel) und durch eine faserige Hülle umkleidet, die im *Hilus renalis* auf die Kelche und die Gefässe übergeht, ohne in das Nierengewebe selbst einzudringen. Diese faserige Hülle steht durch ihre Gefässe in genauester Verbindung mit der Nierensubstanz.

Jede Niere besteht meistens aus 10 bis 15 kegelförmigen Lappen (*Pyramides Malpighi*), deren Basis der Oberfläche zugekehrt ist, und die mit ihrer Spitze den *Hilus* erreichen, wo sie von den aus der Faserkapsel abstammenden kleineren Kelchen umschlossen werden. Beim Embryo und in der frühesten Lebenszeit erhebt sich die Basis jeder einzelnen Pyramide deutlich über die Oberfläche, und bei manchen Säugethieren (*Ursus, Lutra, Phoca,* wahre *Cetacea*) sind die Pyramiden durch tiefe Einschnitte bleibend von einander getrennt. Bei erwachsenen Menschen bemerkt man an der Oberfläche der Niere in der Regel wenig oder gar nichts von einer Theilung in Lappen.

Auf Durchschnitten sieht man, dass die Niere aus zweierlei Substanzen besteht, einer *Substantia medullaris,* welche die Form der Pyramiden deutlich wiederholt, und einer *Substantia corticalis,* die ein zusammenhängendes Ganzes zu bilden scheint und sich auch ziemlich weit in die Marksubstanz hinein zwischen die Pyramiden erstreckt als *Columnae Bertini.* — Die Gefässe und Nerven ausgenommen besteht das Nierengewebe ganz aus feinen Röhrchen (*Ductuli uriniferi*), die durch eine sehr geringe Menge eines unvollkommenen Bindegewebes unter einander verbunden sind. Schon für das blosse Auge zeigt eine in der Richtung ihrer Axe durchschnittene Pyramide ein gestreiftes Aussehn, was die Richtung andeutet, in welcher die Harnkanälchen verlaufen. Die Harnkanäl-

chen (Fig. 118 *a*) kann man noch nicht mit blossem Auge erkennen. Es verlaufen aber zwischen den Röhrchen in bestimmten Abständen Gruppen kleiner Blutgefässe, der sogenannten *Vasa recta* (*bb*) in der nämlichen Richtung wie die Harnkanälchen, und dieser Wechsel zwischen Gefässbündeln und Harnkanälchen, welcher schon in geringer Entfernung von den Nierenpapillen beginnt, ist mit blossem Auge zu erkennen. Auf Querdurchschnitten (Fig. 119) gewahrt man, dass die Harnkanälchen (*bb*) einer ganzen Malpighischen Pyramide unmittelbar an einander grenzen, und dass nur in bestimmten Abständen Bündel der erwähnten *Vasa recta* (*aa*) vorkommen. Auf Längsdurchschnitten (Fig. 118) hat es jedoch das Aussehn, als wären die Harnkanälchen zu kleineren Gruppen (*AA*) vereinigt und durch die Gefässbündel (*bb*) von einander gesondert; diese kleinern Gruppen aber hat man als Ferrein'sche Pyramiden (*Pyramides Ferreinii*) bezeichnet. Man erkennt diese letztern mit blossem Auge, und mit einer Loupe sieht man dieselben leicht in die Rindensubstanz sich fortsetzen.

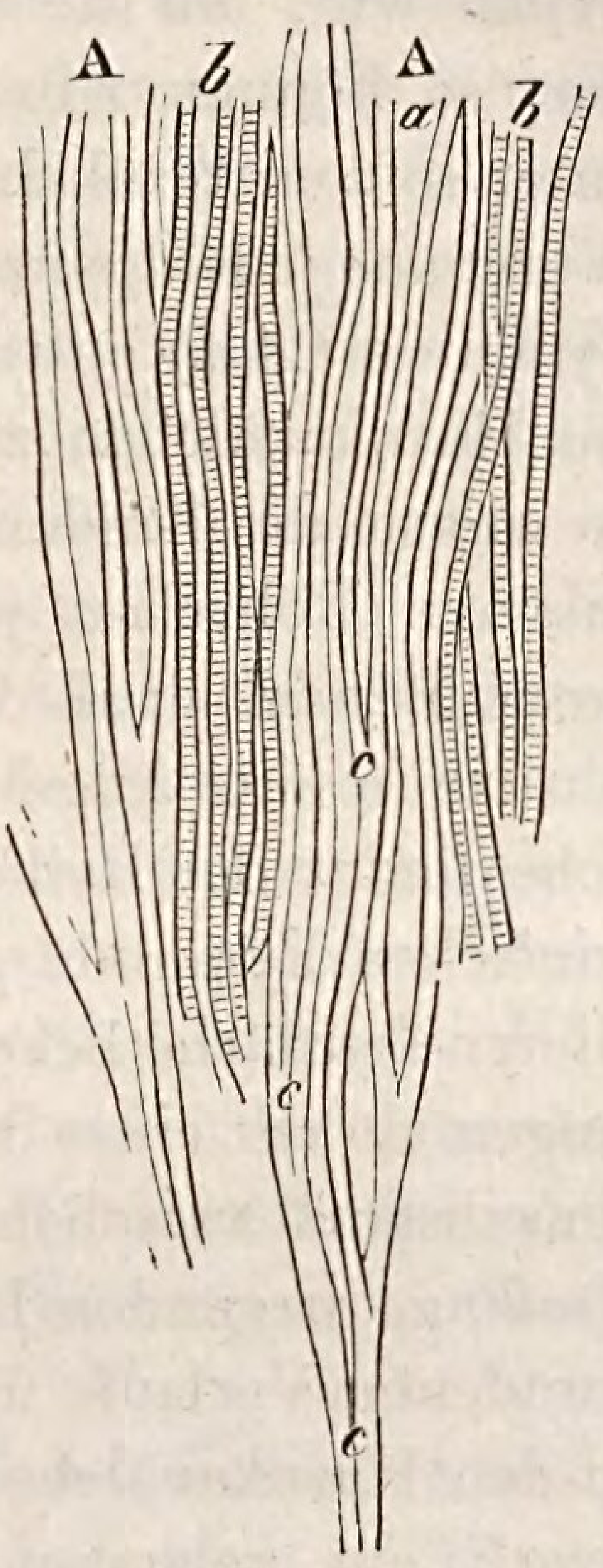


Fig. 118.

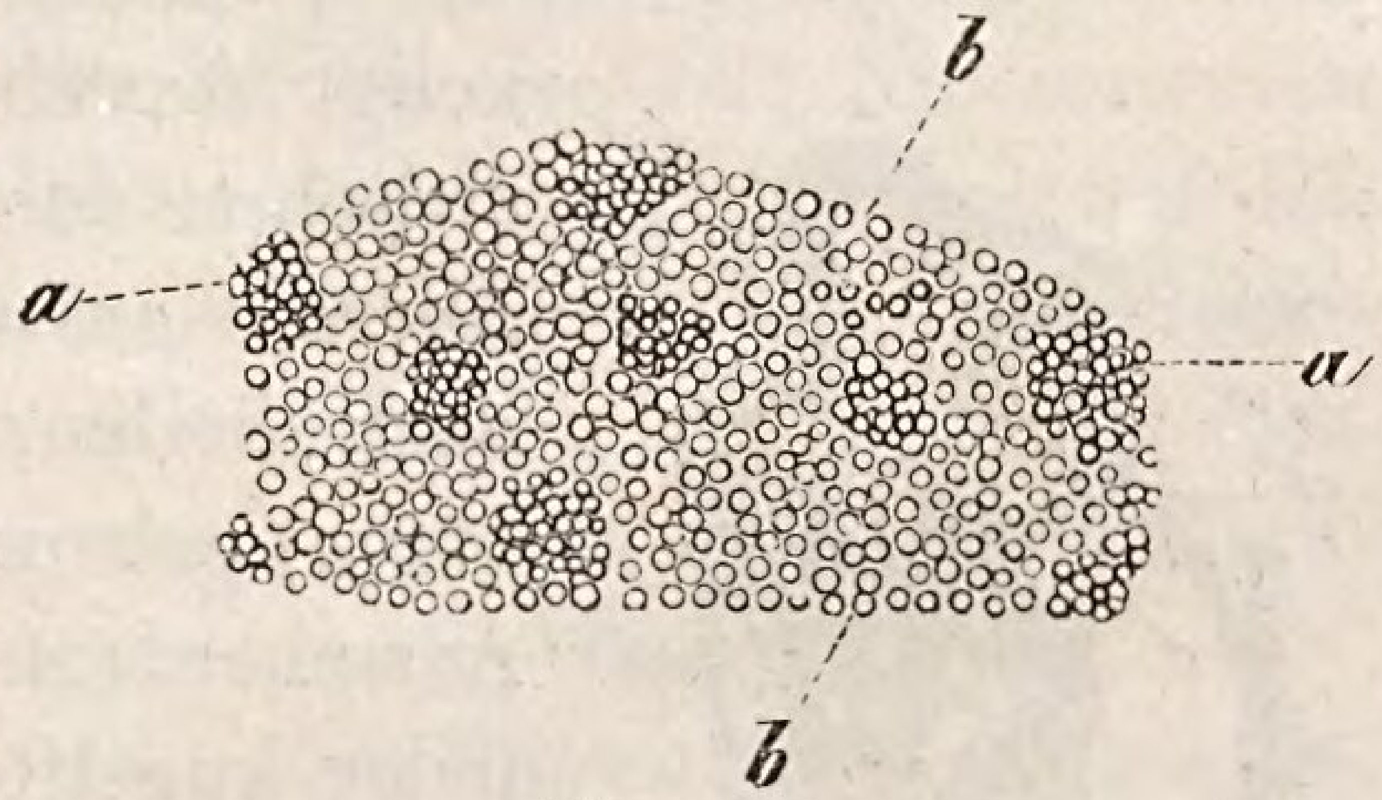


Fig. 119.

Es verschmälern sich die Ferrein'schen Pyramiden und somit auch die Malpighischen Pyramiden von der Basis nach der Spitze oder der Nierenwarze zu, indem sich zu wiederholten Malen zwei Harnkanälchen unter einem ganz spitzen Winkel vereinigen, ein einfaches Röhrchen bildend, welches nur wenig oder gar nicht breiter ist als die ursprünglichen Kanälchen.

Fig. 118. Längsdurchschnitt der Marksubstanz der Niere. *AA* Gruppen von Harnkanälchen, sogenannte Ferrein'sche Pyramiden. *bb* Gruppen von *Vasa recta*. *a* Einzelne Harnkanälchen oder Harnröhrchen, *Tubuli recti s. Belliniani*. *ccc* Spitzwinkelige Vereinigungen von je 2 Bellini'schen Röhrchen.

Fig. 119. Querdurchschnitt der Marksubstanz der Niere. *aa* Gruppen der *Vasa recta*. *bb* Die durchschnittenen Harnkanälchen oder *Tubuli Belliniani*.

Dies wiederholt sich mehrmals, so dass schliesslich an der Oberfläche einer jeden Warze sich nur 200 bis 500 Kanälchen öffnen. Gehen wir, um die Sache bequemer aufzufassen, von den Warzen aus, so können wir sagen, die Harnkanälchen theilen sich immer unter spitzen Winkeln dichotomisch (Fig. 118 *ccc*), so dass auf diese Weise aus jedem einzelnen Kanälchen wenigstens Eine Ferrein'sche Pyramide (*AA*) entsteht. In der *Substantia medullaris* verlaufen die Harnkanälchen ziemlich gerade als *Tubuli recti s. Belliniani.* So wie sie die Rindensubstanz der Niere erreichen, wenden sich die äusseren Röhrchen jeder Ferrein'schen Pyramide gewunden von ihrem Bündel ab als *Tubuli contorti s. Ferreinii,* und alsbald endigen sie in eine kugelförmige Anschwellung (*Bowman*). Das Nämliche findet der Reihe nach mit den mehr nach innen in der Ferrein'schen Pyramide gelegenen Röhrchen statt, und erst nahe der Nierenoberfläche bekommen die centralen ihr kugliges Ende, oder fangen sie mit einer kugligen Anschwellung an. Auch in die Rindensubstanz zwischen den Malpighischen Pyramiden gehen die im Umfange liegenden Röhrchen der Ferrein'schen Pyramiden mit gewundenem Verlaufe über. Eigenthümlich verhalten sich die Gefässe zu den Harnkanälchen. Die Arterienästchen dringen in den *Hilus renalis* ein, gelangen durch die *Columnae Bertini* zur Rindenschicht und verlaufen dann zwischen Rinden- und Marksubstanz. Sie entsenden aber jetzt nur in die Rindenschicht und zwar fast rechtwinkeligt Aestchen (*Arteriae interlobulares*), die zwischen den Läppchen oder Pyramiden von *Ferrein* aufsteigen und sich hier manchmal noch theilen. Die *Arteriae interlobulares* (Fig. 120 *a*) geben nach vielen Seiten kurze, dünne Aestchen (*Arteriae afferentes*) ab, so dass zu jeder kugelförmigen Anschwellung der Harnkanälchen (*c*) Ein solches Aestchen (*af*) gelangt. Gegenüber der Stelle, wo die Anschwellung und das Harnkanälchen mit einander zusammenhängen, tritt das Aestchen zur Anschwellung und bildet darin ein ver-



Fig. 120.

Fig. 120. Verbreitung der Nierengefässe, 40 Mal vergrössert; nach *Bowman*. *a Arteria interlobularis*, welche *Arteriae afferentes* abgiebt. *af Arteria afferens* zu *c* dem Malpighischen Körperchen, in welches *t* das Harnkanälchen zuletzt anschwillt. *m Glomerulus Malpighi* im Innern des Malpighischen Körperchens. *ef Vas efferens*. *eee* Andere durchschnittene *Vasa efferentia*. *p Plexus* der *Vasa efferentia*. *ev Vena interlobularis*.

ästeltes Gefässknäuel (*m*), den *Glomerulus Malpighi*, welcher im injicirten Zustande mit blossem Auge als ein rother Punkt zu erkennen ist. Aus diesem Knäuel tritt nahe der eintretenden Arterie wiederum ein Gefässchen als *Vas efferens* (*ef*) heraus, welches einigermaassen die Bedeutung einer Arterie behält, und mit andern *Vasa efferentia* (*eee*) ein dichtes Capillarnetz um die gewundenen Harnkanälchen (*p*) bildet, woraus *Venae interlobulares* (*ev*) entstehen. Die *Venae interlobulares* haben ihren Anfang an der Oberfläche der Niere in den *Stellulae Verheyeniae*, sie verlaufen mit den gleichnamigen Arterien zusammen und münden zwischen Rinden- und Marksubstanz in die grössern Venenstämme. — Die *Vasa recta* in der Marksubstanz, von denen weiter oben die Rede war, entstehen theils als *Vasa efferentia* aus den an die Marksubstanz grenzenden *Glomeruli*, theils kommen sie aus den Plexus um die *Tubuli contorti;* sie verlaufen (als Arterien) bis in die Nähe der Nierenwarzen, bilden hier einen Plexus, kehren auf dem nämlichen Wege (als Venen) zurück, und diese Venen öffnen sich in die Venenstämme an der Grenze zwischen Rinden- und Marksubstanz.

Die Nieren haben nicht viele Lymphgefässe. Theils verlaufen sie mit den grossen Blutgefässen und vereinigen sich im Nierenausschnitte zu ein Paar Stämmen, die zu den Lendendrüsen treten, theils befinden sie sich oberflächlich in der Nierenkapsel und gelangen ebenfalls zum Nierenausschnitte. — Die Nierennerven entspringen aus dem *Plexus coeliacus* und lassen sich weit auf den Arterien verfolgen, ohne dass man jedoch Endigungen der Primitivröhren mit Sicherheit wahrgenommen hat. — Gefässe und Nerven sind von etwas Bindegewebe umgeben; zwischen den Drüsenkanälchen ist aber kaum eine Spur davon zu sehen.

Die chemische Zusammensetzung der Nieren, so weit sie bekannt ist, verbreitet kein Licht über deren Function. *Frerichs* fand nur 16,30 — 18 pCt. feste Bestandtheile darin, so dass sie mehr Wasser enthalten als das Blut. Unter diesen festen Bestandtheilen steht ohne Zweifel Eiweiss oben an; es ist der Hauptbestandtheil des Inhalts jener Zellen, welche die Harnkanälchen auskleiden und die Nierenmasse bilden. Auch der Fettgehalt ist ziemlich gross, selbst wenn die mikroskopische Untersuchung kein Fett nachweist. *Frerichs* erhielt nur 4,4—5,05 pCt. Fett von butterartiger Consistenz aus den festen Bestandtheilen. Dies steht aber sehr hinter *Lang's* Befunde zurück, der den Fettgehalt der Nieren zum Gegen-

stande einer speciellen Untersuchung gemacht hat, und bei gesunden durch Zufall plötzlich verstorbenen Individuen aus den festen Bestandtheilen der Rindensubstanz 12,2—18,4 pCt., aus jenen der Marksubstanz 9,9 pCt. Fett erhielt. Der Fettgehalt war nur unbedeutend geringer, wenn mikroskopisch auch kein Fett in den Nieren nachzuweisen war, was unter den 9 Fällen von plötzlichem oder durch Zufall erfolgtem Tode fünf Male vorkam. Sind die Menschen nicht an einem besondern Zufalle verstorben, so fehlt nach den Untersuchungen, welche Dr. *Imans* bei einer grossen Anzahl Leichen darüber angestellt hat, das mikroskopisch wahrnehmbare Fett niemals ganz in der Rindensubstanz. Bei Hunden, Katzen und beim Rindvieh fand *Lang* eine viel grössere Menge Fett als beim Menschen.

Den Bau der Nieren im Allgemeinen kann man sehr gut an einer Kalbsniere untersuchen. Die verschiedenen Pyramiden sind durch tiefe Einschnitte von einander getrennt und dadurch ist die Theilung in Lappen ganz deutlich. An der Oberfläche gewahrt man mittelst der Loupe ein ziemlich gefülltes Netz kleiner Venen; diese Venen scheinen Läppchen zu umschreiben und sie entsprechen wirklich den tiefer liegenden Ferrein'schen Pyramiden. Auch an der Pferdeniere ist dies nach *Bowman* manchmal ganz deutlich. Macht man einen Durchschnitt nach der Axe einer Pyramide (Fig. 118), so nimmt man in letzterer schon mit der Loupe die mit einander wechselnden Bündel der *Vasa recta* und der geraden Harnkanälchen (Ferrein'sche Pyramiden) wahr. Auf einem Durchschnitte durch die Marksubstanz, senkrecht auf die darin enthaltenen Harnkanälchen (Fig. 119) unterscheidet man schon bei geringer Vergrösserung, dass die sogenannten Ferrein'schen Pyramiden nicht im ganzen Umfange abgegrenzt werden, sondern dass nur in bestimmten Abständen Bündel der *Vasa recta* zwischen den Harnröhrchen vorkommen, die sonst durch die ganze Malpighische Pyramide hindurch unmittelbar an einander stossen. Durch die gleichen Mittel nimmt man wahr, dass diese kleinen Pyramiden sich noch in die Rindensubstanz fortsetzen, und dass zuerst die äussern Harnröhrchen jeder solchen Pyramide als *Tubuli contorti* sich abtrennen. Dies ist auch in den schematischen Abbildungen *Schumlansky's*, welche vielfach copirt worden sind, sehr gut ausgedrückt. Sind die *Glomeruli* gehörig gefüllt, dann sieht man auch diese auf Durchschnitten in zwei Reihen zwischen den in die Rindensubstanz sich erstreckenden Ferrein'schen Pyramiden geordnet. Endlich sieht man schon mit blossem Auge die grössern arteriellen und venösen Gefässe an der Grenze zwischen Marksubstanz und Rindensubstanz verlaufen. — Ueber den Fettgehalt der Nieren s. *Lang, de adipe in urina et renibus hominum et animalium bene valentium contento. Dorpat* 1852. *p.* 47—62. — Ueber den Verlauf der Nerven finden sich kurze Andeutungen bei *Pappenheim*, bei *Ludwig* (a. a. O. S. 632) und bei *Toynbee* (*Medico-chirurgical Transactions. Vol.* 29. *p.* 305).

§ 162. Harnkanälchen und Malpighische Körperchen.

Der feinere Bau der Harnkanälchen ist sehr einfach und leicht zu untersuchen. Sie bestehen aus einem dünnen, structurlosen, elastischen Häutchen (Fig. 121 *a*), welches mit dem Sarcolemma der Muskelbündel übereinstimmt und durch eine einzige Schicht etwas

eckiger und kernhaltiger Zellen (*b*) bedeckt wird, die aber so dick ist, dass der dazwischen übrig bleibende Kanal (*c*) die Zellen meistens nicht an Dicke übertrifft. Es werden diese Zellen leicht abgestossen und deshalb findet man in der Regel in einzelnen Röhren kein Epithelium mehr. Ihr Inhalt ist fein körnig, eiweisshaltig, ohne Schleim, und meistens enthalten sie noch, zumal in der Rindensubstanz, zahlreiche Fettmolekeln, die man in den Nieren erwachsener Menschen selten vergeblich suchen wird. Bei starker Fettmetamorphose kommt freies Fett in den *Tubuli* vor, und die *Membrana propria* ist manchmal verdickt, so dass sich die *Tubuli* ohne Mühe von einander isoliren lassen.

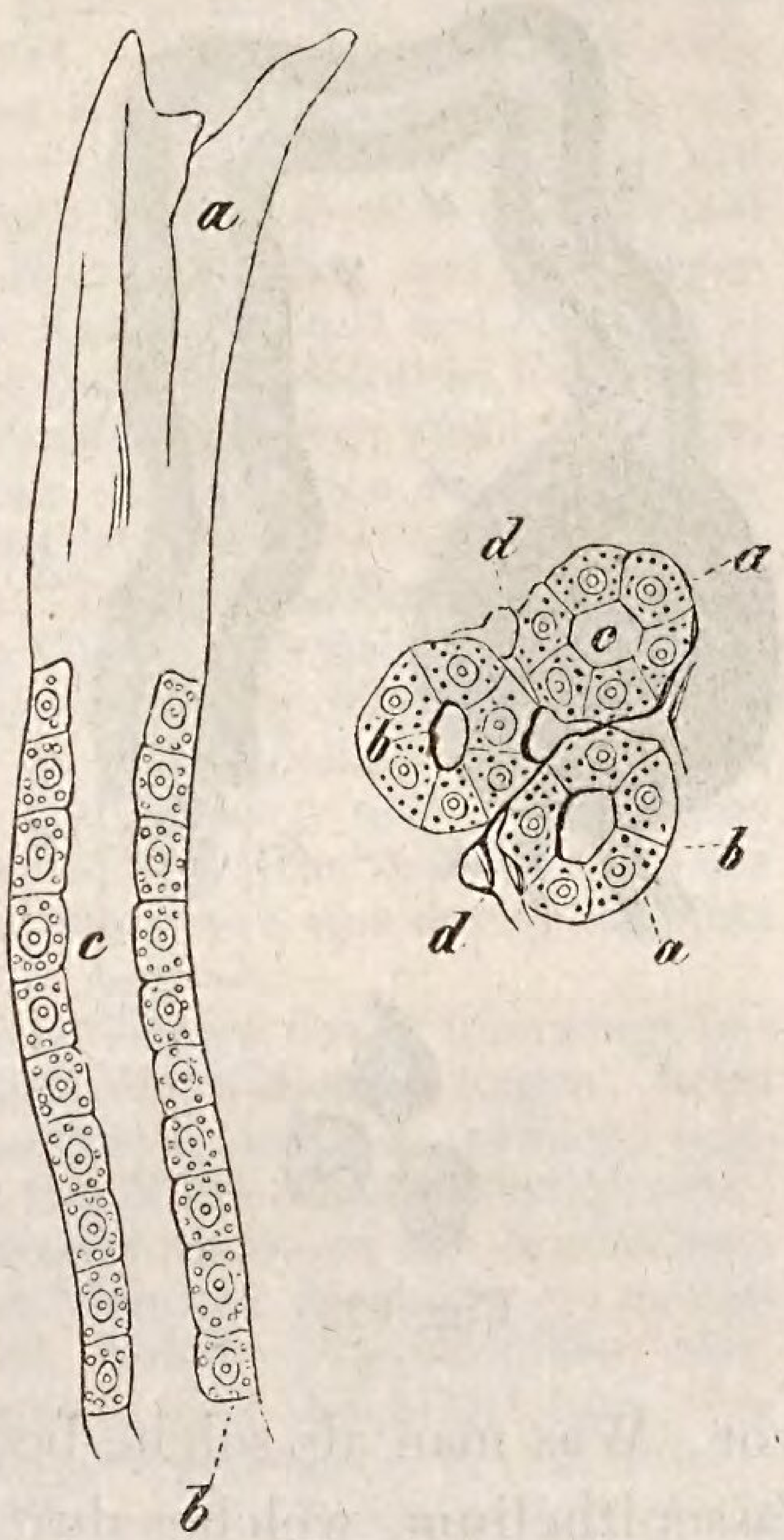


Fig. 121.

Durch Essigsäure wird der Inhalt der Zellen blasser und die Kerne treten deutlicher hervor. In einer Kali- und Natronsolution wird alles durchscheinend und löst sich endlich auf.

Die kugligen Anschwellungen, worin die *Glomeruli* liegen, haben $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Millim. Durchmesser. Die davon abgehenden gewundenen Harnkanälchen sind $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ Millim. breit, werden in der Marksubstanz etwas schmaler, nehmen aber, so oft sich zwei vereinigen, in der Regel etwas an Breite zu und erreichen in der Nähe der Warzen $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ Millim. Dicke.

Das Verhalten des Epitheliums in den Malpighischen Körperchen lässt sich nur sehr schwer mit Bestimmtheit erkennen. *Bowman* beobachtete, dass kleine etwas blassere Zellen in vielen Fällen die ganze Kapsel, in andern Fällen aber auch nur $\frac{1}{3}$ der Kapsel auskleideten, und giebt selbst an, dass der Gefässknäuel ohne irgend eine Bekleidung ganz frei liege. Soviel ist ausgemacht, dass auf den freien *Glomerulis*, die man durch Abschaben aus frischen Nieren

Fig. 121. Ein einzelnes Harnkanälchen in der Profilansicht und drei querdurchschnittene Harnkanälchen. *a* Die structurlose Scheide. *b* Die Zellen mit deutlichen Kernen und körnigem Inhalte, eine einfache Schicht bildend. *c* Lumen des Kanälchens. *d* Gefässe.

leicht bekommen kann, kein Epithelium wahrzunehmen ist. *Kölliker* indessen beschreibt beim Menschen ein Epithelium (Fig. 122), das aus kleineren Zellen besteht und die ganze Innenfläche der Kapsel auskleidet, und auch auf jenem Theile des *Glomerulus* gefunden wird, welcher der Oeffnung des Harnkanälchens entspricht. Bei Amphibien ist, wie bereits *Bowman* gefunden hat, wenigstens jener an das Harnkanälchen grenzende Theil der kugelförmigen Erweiterung mit Flimmerepithelium ausgekleidet, das sich bei Fischen noch weiter in die Harnkanälchen selbst fortsetzt. Bei warmblütigen Thieren kennt man an dieser Stelle noch keine Flimmercilien.

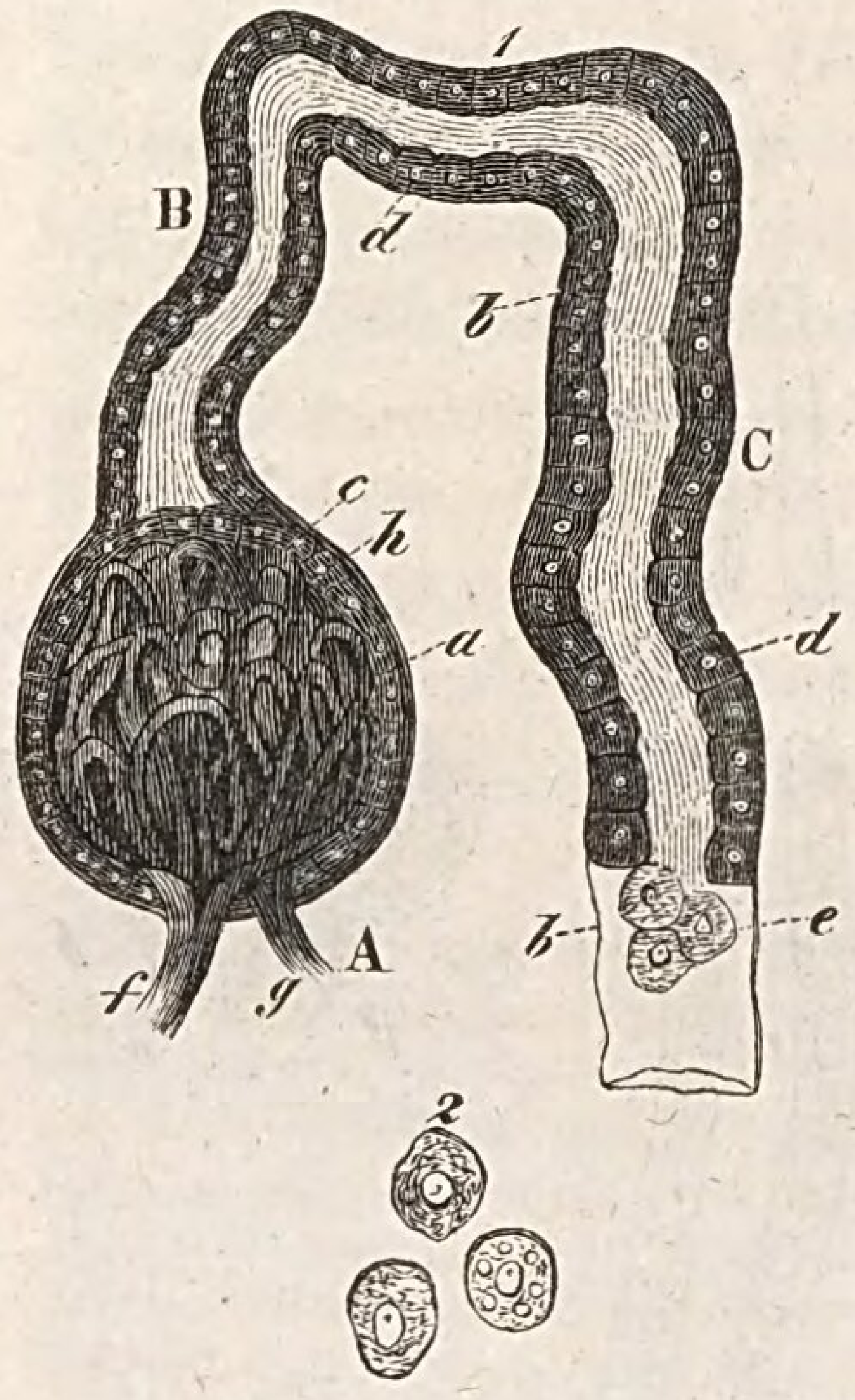


Fig. 122.

Die Gefässe ausgenommen kommen zwischen den Harnkanälchen kaum Spuren einer Zwischensubstanz vor. Was man als solche beschrieben hat, das scheint theils ein Gefässepithelium, welches durch Abschaben erhalten wurde, theils ein mehr oder weniger organisirtes pathologisches Exsudat gewesen zu sein.

Die Kapsel um die Malpighischen Körperchen hatte schon *Joh. Müller* entdeckt, aber erst *Bowman* wies nach, dass selbst bei den höhern Thieren die Harnkanälchen aus diesen Kapseln sich fortsetzen, was früher von *Joh. Müller* (*De glandularum secernentium structura penitiori. Lips.* 1830) bestimmt geläugnet worden war, obschon bereits *Schumlansky* eine richtigere Vorstellung von der Sache scheint gehabt zu haben. Dieses bedeutsame Factum, dem auch dann noch zuerst von mehreren Seiten (*Reichert*, *Huschke*, *Ludwig*, *Bidder* und besonders *Hyrtl*) widersprochen wurde, hatte *J. Müller* kurz vorher bei den Myxinoiden aufgefunden, es wurde durch *Gerlach* (*Müller's* Archiv 1845. S. 378 u. 1848 S. 102), durch *Kölliker* (*Müller's* Archiv 1845. S. 518), durch *Hessling* (Histologische Beiträge zur Lehre von der Harnabsonderung. Jena 1851) und durch andere bestätigt, und ist jetzt wohl für immer ausser allen Zweifel gestellt. Was *Bowman* (a. a. O. S. 69) für unmöglich hielt und was auch *Huschke* und *Müller* nicht gesehen haben, das ist *Gerlach* beim Pferde, beim Schafe und beim Frosche gelungen, nämlich mit einer durch die Harnleiter eingespritzten gefärbten Leimauflösung die Kapsel zu füllen. Das Gleiche hat früher bereits *Schröder van der Kolk* beim Krokodil und gleichzeitig *Toynbee* (*Med. chir.*

Fig. 122. Nach *Köllicker*. — 1 Zusammenhang zwischen Malpighischen Körperchen und Harnkanälchen. *A Corpusculum Malpighi*. *BC* Gewundenes Harnkanälchen. *a* Hülle an der Kapsel. *bb* Die structurlose Hülle an dem Kanälchen. *c* Epithelialzellen innerhalb der Kapsel. *dd* Dieselben innerhalb des Kanälchens. *e* Abgestossene Zellen. *f Vas afferens*. *g Vas efferens*. *h Glomerulus*. — 2 Isolirte Epithelialzellen.

Transact. 1846. *Vol.* 29. *p.* 297) beim Menschen ausgeführt. Diese Injection hat oftmals ihre Schwierigkeit, einmal, weil beim Eindringen der Injectionsmasse in die *Calyces minores* die Oeffnungen der Harnkanälchen leicht comprimirt werden, so dass der Eintritt der Masse ein Hinderniss findet, zum andern aber, weil die Flüssigkeit in den Kanälchen keinen Ausweg findet und das nachgebende Epithelium leicht verstopfend wirkt. Gelingt sie nun aber, wie nicht gar selten an Pferdenieren, dann hat man den deutlichsten Beweis vor Augen, dass die Kapseln der *Glomeruli* Erweiterungen der Harnkanälchen sind. Durch Injection der Arterie füllen sich auch, wie es *Ruysch* und *Albinus* schon bekannt war, oftmals die gewundenen Harnkanälchen mit Injectionsmasse, was sich nur daraus erklärt, dass die Kanälchen mit den Kapseln in Zusammenhang stehen, und dass durch Berstung des *Glomerulus* ein Extravasat in die Kapseln entstand. Um sich von diesem Zusammenhange zu überzeugen, kann man nach einer unvollkommenen Injection der Arterien, wobei die Injectionsmasse nur bis in die *Glomeruli* gedrungen ist, diese mit dem anhängenden Harnkanälchen unter der Loupe isoliren. Durchscheinende Injectionsmassen, z. B. eine Lösung von Berlinerblau in Oxalsäure oder von Karmin in Ammoniak verdienen übrigens den Vorzug, namentlich die erstgenannte, weil man die damit gewonnenen Präparate besser in Flüssigkeiten aufbewahren kann, wo dann der Zusammenhang zwischen den Gefässen und dem Gewebe aufs Deutlichste hervortritt. Sowohl an Präparaten, welche *Schröder van der Kolk* gefertigt hatte, als an eignen Präparaten haben wir uns davon auf ganz sichere Weise überzeugen können.

Durch Injection der Harnkanälchen will sich *Gerlach* davon überzeugt haben, dass die kugelförmigen Erweiterungen, worin die *Glomeruli* liegen, beim Schafe und beim Huhne nicht am Ende der Kanälchen ansitzen, sondern seitlich durch einen kurzen Stiel an eine Schlinge des Kanälchens befestigt sind; beim Frosche dagegen beobachtete er sie bestimmt am Ende der Kanälchen. Ein solches seitliches Ansitzen hat aber sonst Niemand gesehen. Es mögen zum Theil die Anastomosen der Harnkanälchen, welche *Toynbee* (*Med. chir. Trans. Vol.* 29. *p.* 303. *Tab.* 8. *Fig.* 9) beschrieben und abgebildet hat, eine Rolle dabei spielen. *Bowman* hat diese Anastomosen geläugnet, er nimmt blos eine Verschmelzung zweier *Tubuli contorti* zu Einem Kanälchen an (gleichwie die *Tubuli recti* sich vereinigen), welche Verschmelzung er einmal auf überzeugende Weise beobachtet haben will. — Wir haben weder die Verschmelzung noch die Anastomosen sehen können.

Käme das von *Gerlach* beschriebene Verhalten beim Menschen vor, dann hätten wir dasselbe gewiss an Präparaten beobachten müssen, wo sich die *Tubuli contorti* durch Extravasat aus den *Glomerulis* gefüllt hatten.

§ 163. Gefässe der Nieren.

Das Verhalten der Gefässe in den Nieren haben wir beim Baue dieser Organe bereits im Allgemeinen beschrieben. Wir wollen jetzt einige Eigenthümlichkeiten noch näher betrachten, um daraus den Blutumlauf in den Nieren, der für die Secretion von so grosser Bedeutung ist, abzuleiten, insoweit die früher entwickelten Gesetze dies gestatten.

Die Arterien vertheilen sich, ohne mit einander zu anastomosiren. Jedes der kleinsten Aestchen, welche bei mässiger Anfüllung $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{25}$ Millim. messen, begiebt sich zu einem Malpighischen Körperchen. Ausser diesen *Arteriae afferentes* geben die Arterien nur sehr kleine Aestchen ab an die grössern Gefässe und an die

umkleidende Nierenkapsel. Bei den Vögeln mit sehr kleinen Malpighischen Körperchen ($\frac{1}{16}$ Millim.), desgleichen bei den Amphibien und Fischen macht die eintretende kleine Arterie nur ein Paar Windungen und dann tritt sie wieder heraus, ohne sich verästelt zu haben. Bei den Säugethieren dagegen theilt sich die Arterie sogleich beim Eintritte in mehrere Aestchen (Fig. 122 *f*), die sich weiter theilen und Schlingen von Capillaren bilden, deren Bögen der Oeffnung des Harnkanälchens zugekehrt sind. Aus diesen Schlingen entwickelt sich das *Vas efferens* (Fig. 122 *g*), welches viel dünner ist als das *Vas afferens*, da es höchstens $\frac{1}{60}$ Millim. misst, ja häufig kaum dicker als die Gefässe des *Plexus capillaris* um die gewundenen Harnkänälchen (Fig. 120 *p*), in welchen die *Vasa efferentia* eintreten.

Bowman vergleicht die *Vasa efferentia* mit der *Vena portarum* der Leber und mit der *Vena renalis* der Amphibien: nachdem das Blut bereits ein Capillarsystem in den *Glomerulis* durchlaufen hat, geht es in ein zweites Capillarsystem über, welches bei den warmblütigen Thieren nur durch die *Vasa efferentia* gebildet wird, bei den Amphibien aber (*Bowman* untersuchte *Boa constrictor*) aus einer besondern *Vena portarum* entsteht und die *Vasa efferentia* der Malpighischen Körperchen aufnimmt. In der ganzen Rindensubstanz entsteht auf solche Weise ein dichtes Netz feiner Capillaren von $\frac{1}{150}$ bis $\frac{1}{200}$ Millim. Durchmesser, dessen Maschen um die gewundenen Harnkanälchen herum rundlich sind, länglich dagegen, wie es *Toynbee* richtig abgebildet hat, um die geraden Harnkanälchen, welche aus den Ferreinschen Pyramiden in die Rindensubstanz eintreten.

Auf der Oberfläche der Nieren entwickelt sich ein Netz von Venen (*Stellulae Verheyeniae*), aus dem die *Venae interlobulares* entspringen, und während diese durch die Rindensubstanz verlaufen, um sich in die grössern Venen an der Grenze zwischen Rinden- und Marksubstanz zu ergiessen, nehmen sie das Blut aus dem Capillargeflechte auf.

Damit ist der Weg verzeichnet, welchen der grösste Theil des Blutes durch die Nieren verfolgt. Durch die Arterien gelangt es unmittelbar in die *Glomeruli Malpighii*, hier erfolgt die Auflösung in ein Capillarsystem, aus dem sich das Blut wiederum in kleinen Gefässchen sammelt; diese bilden ein reiches Geflecht um die Harnkanälchen in der Rindensubstanz, aus welchem das Blut in Venenäste übergeht, die es zuletzt wieder aus der Niere fortführen.

Ein Theil des Blutes durchströmt aber die Marksubstanz, und den Gefässverlauf in dieser müssen wir noch näher betrachten. Zuvörderst erinnern wir daran, dass hier zwischen den Harnkanälchen Bündel von *Arteriolae* und *Venae rectae* vorkommen (Fig. 118 *b* u. Fig. 119 *a*), die im Mittel $\frac{1}{45}$ Millim. dick sind. Die Arterien sind die *Vasa efferentia* aus der von der Nierenoberfläche am meisten entfernten Schicht der *Glomeruli* (Fig. 123 *m*), die an die Marksubstanz grenzen. Es sind dies die grössten *Glomeruli*, denn es nehmen diese im Allgemeinen in dem Maasse an Grösse zu, als sie sich der Marksubstanz näher befinden, und die *Vasa efferentia* (*ef*), namentlich aus der tiefsten Schicht, sind viel dicker als an den übrigen *Glomerulis*. Es verlaufen aber diese *Vasa efferentia* parallel mit den Bellini'schen Röhrchen und sie theilen sich dichotomisch (*b*). In der Nähe der Papillen entsteht durch diese Theilungen ein Geflecht, aus dem sich *Venulae rectae* entwickeln, und diese Venen gehen wiederum mit den Arterien zu jenen Venen an der Grenze zwischen Rinden- und Marksubstanz zurück, nehmen aber noch vor der Einmündung in diese letztern den untern Theil des dichten Capillarnetzes der Rindensubstanz auf. Auch nehmen sie im Verlaufe durch die Marksubstanz das Blut aus dem feinen Capillarnetze auf, welches aus einzelnen *Arteriolae rectae* kommt, die Bellini'schen Röhren mit langen weiten Maschen umspinnt, und mit dem engen Capillarnetze der Rindensubstanz unmittelbar communicirt.

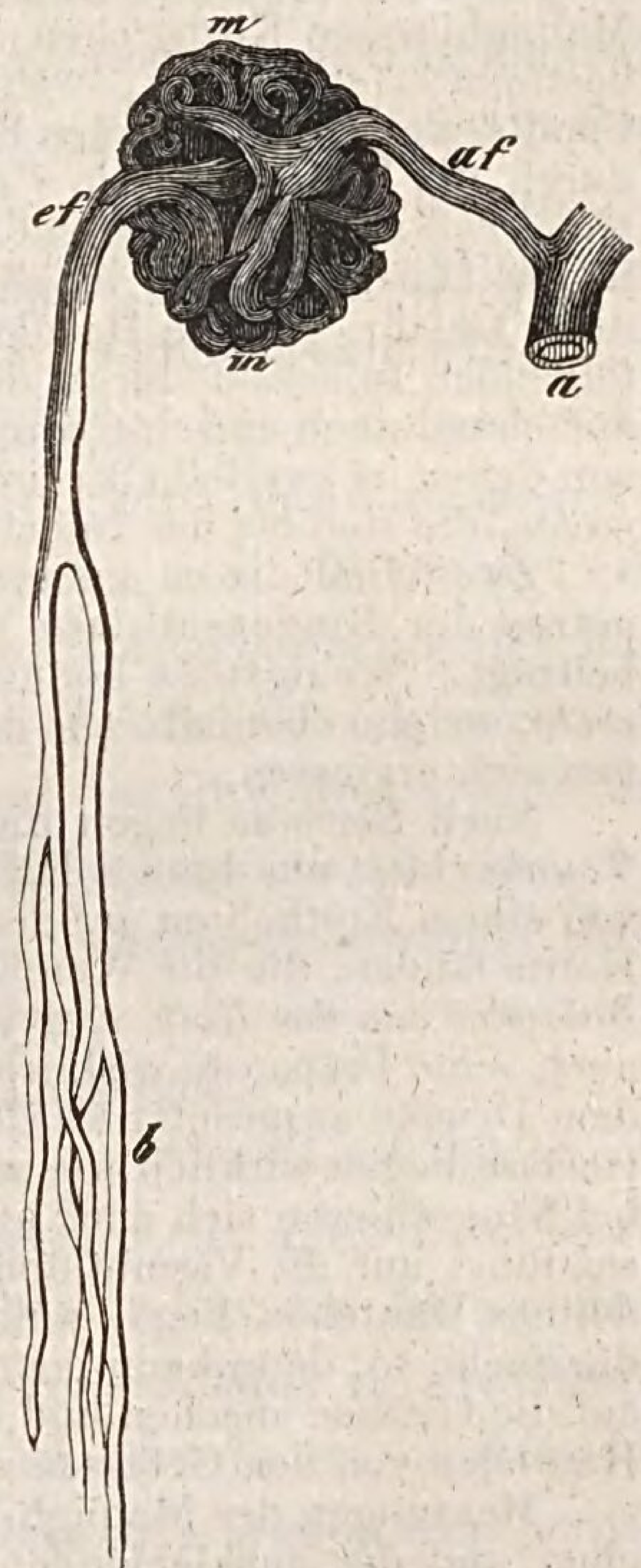


Fig. 123.

Hieraus ergiebt sich also, dass ein Theil des Blutes, namentlich das aus den tiefsten Malpighi'schen Körperchen kommende einen längeren Weg durch ein Capillarnetz mit weiten Maschen um die Bellini'schen Röhrchen zurücklegt, und sich dann ebenfalls durch

Fig. 123. Ein *Glomerulus* in der Nähe der Marksubstanz der Niere; nach *Bowman*. *a Arteria interlobularis*. *af Vas afferens*. *m m Glomerulus*. *ef Vas efferens*. *b* Dichotomische Theilungen der *Arteriolae rectae*.

zahlreiche kleine Venen in die grössern Stämme an der Grenze zwischen Rinden- und Marksubstanz ergiesst.

Um die *Glomeruli* nicht allein mit ihrem *Vas afferens*, sondern auch mit dem *Vas efferens* wahrzunehmen, muss man sich auf eine mässige Injection durch die Arterien beschränken, wodurch der dichte *Plexus* in der Marksubstanz gar nicht oder nur wenig gefüllt wird. Bei Injectionen durch die Venen füllen sich alle Gefässe bis an die *Glomeruli*, und spritzt man hierauf durch die Arterie eine anders gefärbte Masse ein, so füllen sich die Arterien und die Malpighi'schen Körperchen damit und die *Vasa afferentia* treten dadurch am bestimmtesten hervor, während die *Vasa efferentia* in dem stark gefüllten Capillarplexus mit gleicher Farbe verborgen liegen. Bei der ersten Injection durch die Venen sind die *Vasa recta* bereits gefüllt worden, und da sich die *Glomeruli* nicht zugleich mit anfüllten und also auch kein Extravasat aus diesen in die Harnkanälchen möglich war, so läuft man bei dieser Injectionsweise nicht Gefahr, gefüllte Harnkanälchen als *Vasa recta* anzusehen. Bei der nachfolgenden Injection durch die Arterie mit einer andern Farbe kommen dann manchmal noch einzelne Streifen von dieser Färbung unter den *Vasa recta* vor, von denen es zweifelhaft sein kann, ob es Harnkanälchen sind oder *Arteriolae rectae*, die sich bei der Injection durch die Venen noch nicht gefüllt hatten.

Zweifelhaft ist es uns erschienen, ob die tiefste Partie des engen Capillarnetzes der Rindensubstanz nicht auch zur Bildung von *Arteriolae rectae* beiträgt. Wenigstens konnten wir nicht immer wahrnehmen, dass die *Vasa recta*, welche ebenfalls aus diesem Capillarnetze entstehen, in die grössern Venen sich ergiessen.

Nach *Bowman* liegen die Gefässe der *Glomeruli* ganz frei und unbedeckt. *Toynbee* lässt ein dünnes Häutchen darüber weggehen; *Gerlach* spricht selbst von einem Epithelium auf den feinen *Glomeruli* der Froschnieren, wo wir nur Kerne fanden, die zur Wandung des gefundenen Capillargefässes gehören, und *Schröder van der Kolk* nimmt ebenfalls ein umhüllendes Häutchen an, wofür auch seine Präparate wirklich zu sprechen scheinen. Ein *Glomerulus*, welcher dem Drucke ausgesetzt wurde, nimmt wiederum seine frühere Form an und die Gefässe liegen wirklich wie zu einer Kugel verbunden darin, doch können sie bei Säugethieren sich auch auflockern und aus einander weichen, und alles dieses führt auf die Vermuthung hin, dass um die Gefässwindungen herum ein dünnes Häutchen liegt, welches im letztern Falle zerrissen ist. Verhält sich die Sache so, dann kann man dieses Häutchen als eine Einstülpung der Kapsel auf die Gefässe ansehen und man hätte also dann nicht anzunehmen, dass das Häutchen von den Gefässen durchbohrt wird.

Messungen der Malpighi'schen Körperchen, der Gefässe, der Harnkanälchen und der auskleidenden Zellen bei einer grösseren Anzahl von Thieren findet man bei *Hessling* (Histologische Beiträge u. s. w.).

§ 164. Blutumlauf in den Nieren.

Für die Harnsecretion ist es von Wichtigkeit nachzuforschen, was sich aus dem Gefässverlaufe für den Blutumlauf in den Nieren ableiten lässt.

Wir haben hierbei die Geschwindigkeit der Blutbewegung zu berücksichtigen im Zusammenhange mit der Blutmenge, welche durch die Nieren strömt, und mit den Druckverhältnissen an verschiedenen Punkten.

Zuvörderst ist es klar, dass der längere Verlauf des Blutes durch sehr enge Kanäle den Widerstand in den Nieren steigert, was eine

langsame Blutbewegung zur nothwendigen Folge hat. Durch die Nieren strömt daher weniger Blut, als man bei dem im Vergleich zu andern Körpertheilen verhältnissmässig sehr grossen Durchmesser ihrer Arterien (auf Durchschnitten 15 Quadratmillim. für jede Niere) erwarten sollte. Sie verhalten sich in dieser Beziehung ähnlich wie jene Organe, welche ihr Blut durch ein zweites Capillarsystem zur Leber schicken (§ 59). Die Geschwindigkeit der Blutbewegung, welche im umgekehrten Verhältniss zum Lumen der Blutbahn steht (§ 37), ist aber an den verschiedenen Punkten des Nierengefässsystems sehr verschieden. Wahrscheinlich nimmt sie, wegen der Verästelung mit Umfangszunahme, in den Arterien allmählig etwas ab bis zu den *Glomeruli* hin, bleibt bei Fischen, Amphibien und Vögeln innerhalb der *Glomeruli* sich gleich, kann sich aber bei Säugethieren noch etwas darin mindern, und wird dann am grössten in den *Vasa efferentia,* weil diese am engsten sind. Nun folgt eine langsamere Blutbewegung in dem engen Capillargeflechte der Rindensubstanz, die von hier aus nach den Venen zu sich wiederum beschleunigt. Am langsamsten jedoch wird das Blut durch die *Vasa recta* und das weite Capillarnetz in der Marksubstanz fliessen, wodurch die *Arteriolae* und *Venae rectae* verbunden werden; denn die *Vasa recta* sind sehr zahlreich und sie nehmen nur weniges Blut auf ausser jenem aus den tiefsten *Glomeruli*.

Von grösserem Einflusse noch, als die Geschwindigkeit der Blutbewegung in den verschiedenen Gefässen, ist ohne Zweifel der verschiedene Druck, unter dem das Blut steht. Im Allgemeinen muss dieser von dem Augenblicke an, wo das Blut in die Nieren eintritt, bis dahin, wo es dieselben verlässt, abnehmen, und im *Vas efferens* wird diese Abnahme am grössten sein wegen der grossen Strömungsgeschwindigkeit in der engen Bahn und wegen der grossen Widerstandscoefficienten. Der Druck in den *Glomeruli* wird daher jenen im Capillargeflechte, womit die Harnröhrchen umsponnen werden, in hohem Maasse übertreffen. Er wird aber in den *Glomeruli* grösser und im Capillargeflechte kleiner sein, als in andern Capillarsystemen, welche auf der einen Seite mit arteriellen Aestchen, auf der andern Seite mit Venenästchen im Zusammenhange stehen. Von geringerer Bedeutung ist der Umstand, dass der Druck im *Vas efferens* wegen der grössern Stromgeschwindigkeit einer localen Minderung unterliegen muss.

Aus dem Vorstehenden folgt: 1) dass im Verhältniss zur Weite der zuführenden Arterien nur wenig Blut unter geringer Geschwin-

digkeit durch die Nieren strömt; 2) dass der Druck und verhältnissmässig auch die Geschwindigkeit der Blutbewegung in den *Glomeruli* sehr gross ist; 3) dass der Druck und die Geschwindigkeit der Blutbewegung im Capillargeflechte, welches die Harnkanälchen umgiebt, nicht die Höhe erreicht, wie in einem gewöhnlichen Capillarsysteme.

Bevor wir uns nun zur Betrachtung des Absonderungsprocesses selbst wenden, müssen wir das Secretionsproduct, den Harn nämlich einer nähern Untersuchung unterwerfen.

Werthvolle Andeutungen, die sich auf das hier Abgehandelte beziehen, finden sich bei *Bowman* und besonders bei *Ludwig* (Beiträge zur Lehre vom Mechanismus der Harnsecretion. Marburg 1843 und *Wagner's* Handwörterbuch a. a. O. S. 637). Man kann aber nicht wohl mit *Ludwig* (Lehrb. d. Phys. Bd. 2. S. 257) annehmen, dass die Strömungsgeschwindigkeit in der Nierenarterie jener in der *Carotis* und *Cruralis* gleichkommt. Der grössere Widerstand in der Nierenbahn, welcher durch das doppelte Capillarsystem und durch die Kleinheit der *Vasa efferentia* erzeugt wird, bringt es mit sich, dass, wenn auch der Druck in der Nierenarterie gleich gross ist wie in andern Arterien, die Strömungsgeschwindigkeit doch niedriger ausfallen muss. — Auch darin kann *Donders* nicht mit *Ludwig* übereinstimmen, dass das Lumen der Nierenvene die Blutbahn im Capillargeflechte übertreffen soll.

§ 165. Physikalische Eigenschaften des Harns.

Die Eigenschaften des Harns werden zum grössern Theil durch die genossene Nahrung bestimmt. Mancherlei Verschiedenheiten, die am menschlichen Harne vorkommen, sind davon abhängig, und auch jene am Harne der Thiere müssen zum Theil auf diese Rechnung gesetzt werden. Der frisch gelassene Harn des Menschen ist klar, durchsichtig, leicht gelblich; er besitzt einen bittern salzigen Geschmack und einen eigenthümlichen etwas aromatischen Geruch. Bei der Entleerung besitzt er die Temperatur des Körpers. Sein specifisches Gewicht geht im normalen Zustande nie über 1,03 hinaus und nähert sich manchmal 1,00. Er hat eine saure Reaction, welche hauptsächlich von doppelt phosphorsaurem Natron herrührt; er kann aber auch unter besondern Umständen neutral oder selbst alkalisch reagiren. Meistens bildet sich beim Abkühlen ein kleines Wölkchen (Schleim), das allmählig niedersinkt. Andere morphologische Bestandtheile, ausser Epitheliumzellen, kommen im normalen Zustande nicht im Harne vor.

Schon nach ein Paar Stunden nimmt bei gewöhnlicher Temperatur die saure Reaction des Harns zu, weil sich, wahrscheinlich durch den Einfluss des Schleims, aus den Extractivstoffen des Harns

Milchsäure oder Essigsäure bildet. Dieser Process ist manchmal mit Schimmelbildung verbunden und es entsteht ein rothes Sediment aus saurem harnsauren Natron und aus freier Harnsäure, welche krystallinisch und durch Pigment gefärbt niedergeschlagen wird. Nach einigen Tagen bildet sich aus dem Harnstoffe Ammoniak und statt der sauern Reaction zeigt sich nun eine alkalische; in dem Sedimente treten jetzt harnsaures Ammoniak und phosphorsaure Ammoniakmagnesia auf. Der Harn ist jetzt entfärbt und verbreitet einen stinkenden Geruch, hauptsächlich nach Ammoniak.

Der Harn zeigt in den verschiedenen Tageszeiten Verschiedenheiten, die von der periodischen Aufnahme von Speisen und Getränk bedingt sind.

Der am Morgen entleerte Harn (*Urina sanguinis*) enthält mehr feste Bestandtheile, er ist dunkler gefärbt und reagirt stärker sauer, als der im Laufe des Tages ausgeschiedene. Weiterhin wird der Harn durch aufgenommenes Wasser mehr verdünnt (*Urina potus*). Jener Harn, welcher nach dem Genusse fester Nahrungsmittel gelassen wird (*Urina chyli*), nähert sich wieder mehr dem Morgenharne, nur enthält er in der Regel mehr Salze, welche mit den Nahrungsmitteln aufgenommen wurden (*Chambert*).

Der Harn fleischfressender Säugethiere unterscheidet sich von jenem des Menschen durch eine blassere Färbung, durch das grössere specifische Gewicht, die stark saure Reaction und den grössern Gehalt an festen Bestandtheilen. Der Harnstoff steht unter den letztern oben an; dieser zersetzt sich rasch und der Harn reagirt alsdann alkalisch. — Der Harn der Herbivoren unterscheidet sich weit mehr von jenem des Menschen: er reagirt alkalisch, ist in der Regel trübe durch kohlensaure Erden und verbreitet einen stinkenden Geruch. Den Einfluss der Nahrung erkennt man besonders daraus, dass der Harn der jungen Kälber, welche mit Milch ernährt werden, sauer reagirt, und dass überhaupt bei Herbivoren, denen alle Nahrung entzogen wird, der Harn die saure Reaction zeigt, weil alsdann diese Thiere den eignen Körper zum Behufe des Stoffwechsels consumiren und somit fleischfressenden Thieren gleich stehen. Dieser saure Harn ist auch zugleich klarer.

Das specifische Gewicht des Harns hat man hauptsächlich mit der Absicht untersucht, dadurch einen brauchbaren Maassstab für den Gehalt an festen Bestandtheilen zu bekommen. *Simon* (Beiträge z. med. Chemie u. Mikroskopie. (Bd. 1. S. 77 u. 143), *Becquerel* (Semiotik des Harns. S. 33) und *Golding Bird* Lond. med. Gaz. Vol. 1. *p.* 138) haben sogar Tabellen aufgestellt, worin für jedes specif. Gewicht der entsprechende Gehalt an festen Bestandtheilen ange-

geben ist. Aber schon *a priori* ist die Unbrauchbarkeit solcher Tabellen ersichtlich, da ausser der Menge der festen Bestandtheile auch noch deren besondere Beschaffenheit, die natürlich sehr wechseln kann, von Einfluss auf das specif. Gewicht ist. (S. *Schmidt*, Charakteristik d. epid. Cholera. S. 22—28.) Das ergiebt sich auch deutlich genug aus der grossen Verschiedenheit in den aufgestellten Tabellen der genannten Chemiker, und ausserdem ist es noch durch *Chambert* (*Recueil des Mémoires de Méd. et de Pharm. milit. T.* 58. *p.* 328) auf überzeugende Weise nachgewiesen worden. — Dessen ungeachtet kann, wenn der Harn durch reichliche Ausscheidung einer bestimmten Substanz, z. B. von Zucker bei *Diabetes mellitus*, ein besonders hohes specif. Gewicht erlangt, dieses letztere allerdings einigermassen als Maasstab der ausgeschiedenen Zuckermenge dienen.

Bei normaler Nutrition hat der menschliche Harn im Augenblicke der Entleerung eine saure Reaction. *Aug. Winter* (Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung bei Gesunden. Giessen 1852 u. *Canstatt's* Jahresb. Bd. 1. S. 128) hat die Säuremenge einer genauen Untersuchung unterworfen, indem er mit Ammoniak sättigte, dessen Stärke durch Oxalsäure geprüft wurde: bei drei Individuen erhielt er 1,532, 1,584 und 1,621 Säure (als Oxalsäure berechnet) auf 1000 Theile Harn. Der während der Nacht ausgeschiedene Harn reagirte am stärksten sauer. Durch *Liebig* wurde nachgewiesen, dass diese Reaction von saurem phosphorsauren Natron herrührt: die schwächsten Säuren, welche einer Auflösung von phosphorsaurem Natron zugesetzt werden, sind schon im Stande, diesem ein Aequivalent Natron zu entziehen, und dadurch veranlassen sie eine saure Reaction des Gemisches. Auch die Harnsäure besitzt diese Fähigkeit, was um so auffallender ist, weil sie für sich allein in blauen Pflanzensäften keine rothe Färbung hervorzurufen im Stande ist. Andere Säuren, welche in den Harn übergehen, wie Schwefelsäure, Milchsäure, Hippursäure u. s. w. können durch den nämlichen Vorgang zur sauern Reaction beitragen. Indessen fragt es sich, ob die saure Reaction des frischen Harns lediglich der Anwesenheit von doppelt phosphorsaurem Natron zuzuschreiben ist. Wäre dies der Fall, dann müsste die Menge des doppelt phosphorsauren Natrons im Harne der Basis entsprechen, welche zur Sättigung des frischen Harnes erfordert wird. In den meisten Fällen aber fand *Lehmann* (Phys. Chemie Bd. 2. S. 399) dies nicht so; es scheint daher ein Theil der zur Sättigung erforderlichen Basis sich noch mit einer andern Säure, als mit dem Aequivalent Phosphorsäure verbunden zu haben, und wahrscheinlich kommen hierbei Hippursäure und Milchsäure, nächst diesen aber auch saure phosphorsaure Erden in Betracht. Ueberdies ist es bewiesen, dass der innere Gebrauch aller Säuren ohne Unterschied, insonderheit jedoch der Mineralsäuren, die saure Reaction des Harns vermehrt (*Eylandt* in *Schmidt's* Jahrb. 1855. Nr. 7.), wenngleich diese Säuren nicht frei im Harne vorkommen.

Durch die Abkühlung des Harns setzt sich oftmals ein Sediment ab, das jedoch selten unmittelbar nach der Abkühlung entsteht. Es scheint nämlich das harnsaure Natron, vielleicht unter Mitwirkung des Farbstoffs, bei der Abkühlung noch gelöst zu bleiben, dagegen aber rasch etwas Säure sich zu entwickeln, welche dem harnsauren Natron einen Theil seiner Basis entzieht und dieses als saures harnsaures Natron präcipitirt. Soviel steht wenigstens fest, dass durch die Abkühlung allein nicht unmittelbar der Niederschlag sich bildet, und dass der entstandene Niederschlag sich nicht jedesmal wieder durchs Erwärmen löst. Bald gewinnt die saure Gährung, welche zuerst durch *Scherer* erkannt wurde, mehr und mehr die Oberhand, wie sich aus der zunehmenden sauern Reaction des Harns entnehmen lässt. Nach *Scherer* (Annalen der Chemie u. Pharm. Bd. 42. S. 171) bildet der Schleim den Gährungsstoff und der Farbstoff soll die Säure liefern. Ist der Schleim abgeschieden worden, oder wird die Gährung durch Zusatz von Alkohol gestört, dann kommt auch die Säurebildung nicht zu Stande oder ihr Fortgang wird unterbrochen. *Scherer* fand dann Milchsäure im Harne entstanden, *Liebig* und *Lehmann* trafen ausserdem auch Essigsäure an. Durch diese Säureentwickelung kommt es dann zum Freiwerden von Harnsäure, so dass der Niederschlag auf dieser Stufe der Selbst-

zersetzung aus Harnsäure besteht. Auch kann man aus frischem Harne die Harnsäure unmittelbar zum grössern Theile durch eine Säure niederschlagen. Nach ein Paar Tagen wird die saure Gährung durch eine alkalische ersetzt. Durch Zersetzung des Harnstoffs entsteht Ammoniakbildung. Die Folge davon ist, dass der Niederschlag harnsaures Ammoniak und ausserdem Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia enthält. Der Farbstoff ist jetzt verschwunden.

Im normalen Zustande kommen im Harne in der Regel nur einige Epithelialzellen vor, die hauptsächlich aus der Blase stammen. Nach manchen Hautkrankheiten hat man eine stärkere Abstossung des Epitheliums beobachtet. In pathologischen Zuständen können Schleimkörperchen, die meistens in der Blase oder in der Harnröhre gebildet wurden, cylindrische Körperchen von der Form der Harnkanälchen, aus denen sie stammen, Spermatozoen, die auch zufällig vorhanden sein können, Blutkörperchen und kleine Steinchen von verschiedenartiger Zusammensetzung im Harn vorkommen.

§ 166. Chemische Zusammensetzung des Harns.

Die wichtigsten chemischen Bestandtheile des Harns sind die stickstoffhaltigen Producte des Stoffwechsels. Gruppirte Cyanverbindungen (Harnstoff oder Harnsäure oder beide zugleich) gehören zum Begriffe des Harns im ganzen Thierreiche.

Im Harne des Menschen findet man Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin, Kreatinin, Extractivstoffe, Farb- und Riechstoffe. *Heintz* hat noch eine besondere Säure beschrieben, und *Robin* und *Verdeil* erwähnen zwei neue Säuren, die im Harne vorkommen sollen. Unter diesen Bestandtheilen steht der Harnstoff oben an, und das Nämliche ist bei allen Säugethieren der Fall, während bei Vögeln, Amphibien und eben so bei Insecten die Harnsäure das hauptsächlichste stickstoffhaltige Product des Stoffwechsels ist. Der Grund dieser Verschiedenheit ist theilweise noch nicht aufgehellt; es wird in der Allg. Phys. davon gehandelt. Neben dem Harnstoffe findet man bei den meisten Fleischfressern Spuren von Harnsäure, bei den Pflanzenfressern Hippursäure. Beim Menschen kommt stets die erste vor, in der Regel aber trifft man beide an.

Im Mittel werden täglich 30 Gramme Harnstoff und 1 Gramm Harnsäure ausgeschieden. Da die täglich ausgeschiedene Harnmenge über 1 Kilogramm beträgt, so enthält also der normale Harn nicht ganz 3 pCt. Harnstoff und weniger als $\frac{1}{10}$ pCt. Harnsäure. Im Harne der fleischfressenden Säugethiere ist der Harnstoffgehalt viel grösser, in jenem der Pflanzenfresser viel geringer. Mancherlei Umstände üben einen Einfluss auf den Harnstoffgehalt: vermehrt wird er durch Fleischdiät, vermindert wird er durch vegetabilische Diät und durch Kasteiung; Bewegung und körperliche Anstren-

gungen vermehren den Harnstoffgehalt, bei Ruhe dagegen nimmt der Harnstoff ab.

Die übrigen genannten Bestandtheile kommen wahrscheinlich in noch geringerer Menge vor als die Harnsäure. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Extractivstoffe: nach *Scherer* sollen diese bei Kindern 10,6 pCt., bei Erwachsenen dagegen 30 pCt. der festen Harnbestandtheile betragen. Nach starken Körperbewegungen hat die Menge der Extractivstoffe zugenommen.

Ausser den genannten stickstoffhaltigen Producten des Stoffwechsels kommen noch Oxalsäure, welche *C. Schmidt* vom Blasenschleime ableitet, und meistens auch Spuren von Fett als normale Harnbestandtheile vor.

Die Harnsalze stimmen im Allgemeinen mit jenen in der Asche der Nahrungssubstanzen überein. Der Schwefel nämlich wird als Schwefelsäure ausgeschieden, und kohlensaure Salze darf man im Harne erwarten, wenn in der Asche der Nahrungsmittel ein Theil der Basen mit Kohlensäure verbunden bleibt, wie es bei vegetabilischen Substanzen im Allgemeinen der Fall ist. Pflanzensaure Alkalien treten deshalb im Harne, gleichwie in der Asche, leicht als kohlensaure Alkalien auf. Bei einem mit *Exstrophia vesicae* behafteten Manne, der eine Unze *Liq. kali acetici Ph. Sax.* bekommen hatte, fand *Ranke* den Harn bereits nach 10 Minuten neutral, und nach 25 Minuten war er alkalisch. Indessen sind die oben genannten organischen Säuren (Harnsäure, Hippursäure und Oxalsäure) im Harne auch mit Basen verbunden, und unter den Basen kommt vielleicht auch etwas Ammoniak im Harne vor; der grösste Theil der in der Nahrung enthaltenen Magnesia wird aber mit den *Faeces* fortgeschafft. Im Uebrigen brauchen wir blos daran zu erinnern, dass der grösste Theil jener mit der Nahrung aufgenommenen Salze mit dem Harne fortgeht, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass die im Harne vorkommenden Salze und eben so deren Menge grösstentheils von der Nahrung abhängig sind.

Ueber die Menge der anorganischen Substanzen, welche mit dem Harne ausgeschieden werden, wird bei der Statik der Nutrition in der Allg. Phys. gehandelt. Beim erwachsenen Manne war nach früheren Untersuchungen das Minimum 13,41 Gramme, das Maximum 16,88 Gramme, während *Scherer* unlängst eine noch viel höhere Zahl, nämlich 23,60 Gramme gefunden hat. Schwefelsaure Alkalien nehmen darunter die erste Stelle ein, deren Schwefelsäure zu einem grossen Theile im Körper gebildet wird. Saures phosphor-

saures Natron und Chloralkalien kommen etwa in gleicher Menge vor, während die phosphorsauren Erden in weit geringerer Menge sich vorfinden. Die letztern vermehren sich ansehnlich bei Fleischdiät und sind im sauren Harne löslich. In der Regel kommen auch Spuren von Kieselsäure und von Eisen im Harne vor; *Lehmann* fand sie aber nicht constant. — Endlich sind auch Gase im Harne gelöst, namentlich Kohlensäure neben einer bestimmten Menge von Stickstoff. Nach kohlensäurehaltigem Getränke fand *Lehmann* die Kohlensäure in grösserer Menge im Harne. Dass dabei auch der Gehalt an oxalsaurem Kalke zunimmt, ist von *Donné* und von *Lehmann* angegeben worden.

In der Allg. Phys. wird jeder Bestandtheil des Harns für sich betrachtet, sein Ursprung und seine Stelle in dem gesammten Stoffwechsel werden dort untersucht, so wie die Umstände, welche auf seine mehr oder weniger rasche Bildung und Ausscheidung von Einfluss sind. Hier handelt es sich blos um eine Uebersicht der Zusammensetzung des Harns als Absonderungsproduct der Nieren, und es sind die wichtigern Umstände anzugeben, welche auf diese Zusammensetzung einen Einfluss ausüben.

Ueber den Einfluss des Lebensalters theilen wir zunächst die Resultate mit, zu denen *Scherer* (Verhandlungen d. phys. med. Ges. zu Würzburg. Bd. 3. S. 180) durch seine Untersuchungen bei zwei Kindern und bei zwei Erwachsenen gekommen ist. Der Harn dieser Individuen wurde immer während 24 Stunden sorgfältig gesammelt. Es wurden nach Maass und Gewicht die Menge der festen Bestandtheile und des Wassers bestimmt, im Besondern aber die Salze und der Harnstoff nach *Liebig's* bekannter Titrirmethode. Die übrigen organischen Bestandtheile ausser dem Harnstoffe, also Harnsäure, Hippursäure, Kreatin, Kreatinin u. s. w. sind dabei unter dem Collectivnamen Extractivstoffe zusammengefasst. Es betrug aber für 24 Stunden:

	Kind v. 3½ Jahren, wiegt 16,3 Kilogr.	Knabe v. 7 Jahren, wiegt 22,4 Kilogr.	Mann v. 22 Jahren, wiegt 62,8 Kilogr.	Mann v. 38 Jahren, wiegt 70 Kilogr.
Gesammte Harnmenge	749 C.-Cent. = 755 Gewichtsth.	1055 C.-Cent. = 1077 Gewichtsth.	2110 C.-Cent. = 2156 Gewichtsth.	1720 C.-Cent. = 1761 Gewichtsth.
Wasser	728,78 „	1044,00 „	2081,43 „	1689,7 „
Feste Bestandtheile .	26,13 „	32,40 „	74,97 „	71,2 „
Anorganische Salze .	10,98 „	10,23 „	23,62 „	20,91 „
Harnstoff	12,98 „	18,29 „	27,00 „	29,82 „
Extractivstoffe . . .	2,17 „	3,88 „	24,23 „	20,38 „

In dieser Tabelle ist die Menge der Salze bei den Erwachsenen um $\frac{1}{3}$ grösser, als sie von *Lehmann*, *Chambert*, *Lecanu* und *Barral* gefunden worden ist; auch ist die Menge des in 24 Stunden entleerten Harns eine sehr grosse. Auffallend ist es ferner, dass bei den Erwachsenen weit mehr Extractivstoffe vorkommen, mit andern Worten, dass die organische Substanz bei den Kindern zum grössern Theil aus Harnstoff besteht, während bei den Erwachsenen der Harnstoff nur gut die Hälfte der organischen Substanz deckt. Man könnte vermuthen, dass vom Biere, welches in Würzburg von Erwachsenen allgemein genossen wird, der grössere Gehalt an Extractivstoffen in dem Harne herrühre, da dieselben zum Theil unverändert aus dem Biere übergehen können. Hiergegen streitet indessen nicht nur die Beobachtung bei einem erwachsenen Irren, der sich zu Tode hungerte, und in dessen Harne eben so viele, ja sogar noch mehr Extractivstoffe gefunden wurden, es widersprechen einer solchen Annahme auch die Resultate, welche *Boecker* (Archiv d. Vereins f. gemeinsch. Arbeiten. 1854. Hft. 1) bei reichlichem Biergenusse erhielt. Es verdient aber wohl eine besondere Untersuchung, in wiefern sogenannte Extractiv-

stoffe aus Speisen und Getränken als Extractivstoffe im Harne ausgeschieden werden können. — Uebrigens ersieht man aufs Neue aus diesen Versuchen *Scherer's*, so wie aus ähnlichen von *Rummel* (Würzb. Verhandlungen u. s. w. 1855. Bd. 5. S. 116), dass bei Kindern der Stoffwechsel, auf 1 Kilogramm Körpergewicht berechnet, ein lebendigerer ist.

An diese Untersuchungen über den Einfluss des Lebensalters reihen wir nun *Lehmann's* Versuche über die bei verschiedenartiger Nahrung binnen 24 Stunden durch den Harn entfernten Bestandtheile:

	Feste Bestandtheile	Harnstoff.	Harnsäure.	Extractivstoffe u. Milchsäure.
Gemischte Nahrung	67,82	32,498	1,183	12,746
Animalische ,,	87,44	53,198	1,478	7,312
Vegetabilische ,,	59,24	22,481	1,021	19,168
Stickstofffreie ,,	41,68	15,408	0,735	17,130

Am deutlichsten stellt sich hier die Zunahme des Harnstoffs bei animalischer Nahrung, die Abnahme desselben bei vegetabilischer und besonders bei stickstofffreier Nahrung heraus, was auch durch *Frerichs* und durch die genauen Untersuchungen von *Bischoff* (Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels. Giessen 1853) bestätigt worden ist. Letzterer fand namentlich die Harnstoffmenge nicht nur absolut, sondern auch relativ um so grösser, je mehr Stickstoff aufgenommen wurde. Es scheint sich aber auch zugleich der Einfluss der Nahrung auf den Gehalt an Extractivstoffen aus den Untersuchungen *Lehmann's* (*Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 2. S. 16) herauszustellen. Extractivstoffe und Salze waren bei animalischer Nahrung in geringerer Menge im Harne enthalten, und in grösster bei vegetabilischer Nahrung. Indessen beobachtete *Rummel* (Würzb. Verhandlungen Bd. 6. S. 17), dass der Gehalt an Extractivstoffen bei fortgesetzter vegetabilischer Nahrung an verschiedenen Tagen sehr ungleich ausfiel und im Mittel nur 10,19 Gr. im Tage betrug. — Anlangend den Genuss anderer Substanzen, so hat *Boecker* (*Nova Acta Ac. Caes. Leop. Vol.* 25. *p.* 309) dargethan, dass der Genuss vielen Wassers (vorübergehend wenigstens) die Harnstoffausscheidung vermehrt. Wenn *Vogel* (Archiv f. gemeinsch. Arbeiten. Bd. 1. S. 148) durch vieles Getränk die festen Bestandtheile im Harne abnehmen sah, so schreibt dies *Boecker* dem Umstande zu, dass bei *Vogel's* Versuchen Bier als Getränk diente, da sich durch Alkohol und alkoholhaltige Getränke, so wie durch Kaffee (*Jul. Lehmann* in den Annalen d. Chemie u. Pharmacie. Bd. 87. S. 205 u. 275) und durch andere Substanzen der Harnstoffgehalt vermindert. Eine Zunahme des Harnstoffgehalts dagegen beobachtete *Boecker* (Prager Vierteljahrschr. 1854. Bd. 4. S. 160) von der Phosphorsäure.

Bei Körperbewegung beobachtete *Lehmann* (*Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 2. S. 21) eine Vermehrung des Harnstoffs, der phosphorsauern und schwefelsauern Salze, eine Abnahme dagegen der Harnsäure und der Extractivstoffe. Eine ganz ähnliche Beobachtung hat auch, wie *Lehmann* mittheilt, bereits *Fr. Simon* gemacht. Diese Angaben in Betreff des Harnstoffs und der Harnsäure sind auch von *Hammond* (*Schmidt's* Jahrb. 1855. Nr. 9) bestätigt worden. Hinsichtlich der Extractivstoffe dagegen erhielt *Rummel* (Würzb. Verhandlungen. Bd. 5 u. 6) ein anderes Resultat. Bei vegetabilischer wie bei gemischter Nahrung nämlich fand er die Extractivstoffe im Morgenharne ausserordentlich vermehrt, wenn er Tags vorher eine Körperbewegung gehabt hatte. Ueberdies fehlt es nicht an Gründen für die Annahme, dass viele Extractivstoffe aus einer Umwandelung der Organe ihren Ursprung nehmen, der Harnstoff dagegen grossentheils im Blute gebildet wird. (S. *Führer* und *Ludwig* im Archiv f. phys. Heilk. Jahrg. 14. S. 215 u. 491.)

Ueber einzelne Harnbestandtheile sei hier noch in Kürze Folgendes erwähnt.

Es steht wohl fest, dass sich die Harnsäure im Körper, in grösserer Menge bildet, als sie ausgeschieden wird. Durch weitere Oxydation nämlich liefert sie Harnstoff und Kohlensäure. Einflüsse, welche dieser Oxydation hinderlich

sind, wie einerseits gute Nahrung mit Wein u. dgl., andererseits Mangel an Bewegung oder erschwertes Athemholen durch Lungenemphysem, befördern daher die Ausscheidung von Harnsäure.

Hippursäure, die zuerst im Harne von Pferden und andern Herbivoren gefunden wurde, hat *Liebig* auch im gewöhnlichen Harne des Menschen nachgewiesen; doch lässt es sich noch bezweifeln, ob sie auch ein beständiger Harnbestandtheil ist. *Höfle* (Chemie u. Mikroskopie am Krankenbette. S. 332) konnte sie wenigstens im eignen Harne nicht finden, und *Duchek* (Prager Vierteljahrsch. 1854. Bd. 3. S. 25) ist ebenfalls der Ansicht, dass man sie nur mit einiger Einschränkung als normalen Harnbestandtheil ansehen könne. Man weiss, dass Benzoesäure und andere Benzoilverbindungen im Harne wieder als Hippursäure vorkommen. Zum Theil lässt sich die Hippursäure des Harns aus dem Vorkommen dieser Substanzen in der Nahrung ableiten, zum Theil entstehen aber auch Benzoilverbindungen im Organismus.

Kreatin und Kreatinin stammen wohl aus den Muskeln. — Ueber die Farbstoffe hat nach *Scherer* und *Verdeil* besonders *Harley* (Würzb. Verhandlungen. Bd. 5. S. 1) gearbeitet. Er unterscheidet dreierlei Farbstoffe. Einer davon, der sich mit schön rother Farbe in Aether und in Chloroform löst und den er als Urohaematin bezeichnet, ist eisenhaltig und stammt wahrscheinlich aus dem Haematin des Blutes. (Vergl. auch *Vogel* a. a. O.) Es fehlt aber noch viel an einer genauern Kenntniss der Harnfarbstoffe. *Vogel* (Archiv f. wiss. Arb. Bd. 1. S. 96) und *Falck* (*Canstatt's* Jahresber. 1854. Bd. 1. S. 131) haben in ähnlicher Weise, wie *Welcker* beim Blute, die Grundlagen zu einer Farbenscala des Harns gelegt. — Zu den Extractivstoffen gehört auch die harzartige Substanz, welche *Scharling* als Omichmyloxyd aufgeführt hat. — Ueber die Harnfette haben *Städeler* (Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 77. S. 17) und *Lang* (*De adipe in urina et renibus hominum et animalium bene valentium contento. Dorp.* 1852) Untersuchungen mitgetheilt. Letzterer fand nach reichlicher Fettnahrung im Harne Fetttröpfchen.

Ueber die Salzmengen, welche unter verschiedenen Umständen mit dem Harne ausgeschieden werden, hat uns *Chambert* (*Recueil des Mém. de Méd. et de Pharm. milit. T.* 68. *p.* 328) ausführliche Untersuchungen mitgetheilt, die an 24 Individuen von 20 bis 25 Jahren angestellt worden sind. Seine Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

		Menge in Grammen.	Specif. Gew.	Salze.	Salze, auf 1000 Th. Harn berechnet.
Harn nach dem Essen entleert.	Maximum	424	1,0379	10,658	21,37
	Minimum	137	1,0210	2,126	11,19
	Mittel	274	1,0271	4,640	16,39
Getränksharn (5 Versuche).	Maximum	672	1,0121	14,203	21,13
	Minimum	523	1,007	1,288	2,463
Nachtharn, der am Morgen entleert wurde.	Maximum	686	1,0350	10,079	19,102
	Minimum	274	1,0147	1,227	3,580
	Mittel	448	1,0227	4,201	9,332
Harn, binnen 24 Stunden gesammelt.	Maximum	1590	1,0347	23,636	18,055
	Minimum	685	1,0176	6,993	8,161
	Mittel	1034	1,0256	14,854	13,024

Man ersieht, dass die Abweichungen in jeder Hinsicht sehr bedeutend sind, wodurch natürlich der Werth des Mittels sinkt. Besonders auffallend ist es, dass der Salzgehalt des Harns nach Nahrungsaufnahme selbst grösser ist, als in dem sogenannten Blutharne, der während der Nacht abgeschieden wird. Damit stimmen auch die Untersuchungen über die zu verschiedenen Tageszeiten ausgeschiedenen Mengen von Chlor (*A. Hegar*, Ueber Ausscheidung der Chlorverbindungen durch den Harn. Giessen 1852), von Schwefelsäure (*G. Gruner*, Die Ausscheidung der Schwefelsäure durch den Harn. Giessen 1852), von Phosphorsäure (*Aug. Winter*, Urinabsonderung bei Gesunden. Giessen 1852) überein, wenn auch, ganz abgesehen von der Einführung dieser Substanzen,

eine gewisse Periodicität in der Abscheidung derselben nicht zu verkennen ist. Im Ganzen indessen haben *Chambert's* Untersuchungen den Beweis geliefert, dass der Salzgehalt von der aufgenommenen Nahrung abhängig ist, wie es schon *a priori* zu vermuthen war. Die vorstehende Tabelle giebt uns Veranlassung, ausdrücklich gegen die Auffassung zu warnen, als correspondirten das Maximum der Harnmenge und das Maximum des specif. Gewichts und des Salzgehalts mit einander, weil sie auf der Tabelle einander zunächst gereiht sind. Vielmehr haben die Untersuchungen von *Falck* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 11. 1852. S. 125 u. Ergänzungsheft S. 754) aufs Neue nachgewiesen, dass das specif. Gewicht des Harns im Allgemeinen der innerhalb eines bestimmten Zeitraums ausgeschiedenen Harnmenge umgekehrt proportional ist.

Die zusammensetzenden Salze geben wir nach *Lehmann* (*Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 2. S. 16) an, der die Menge und die Zusammensetzung der mit dem Harne in 24 Stunden entleerten Substanzen für 14 Tage untersuchte. Die täglich entleerten Salze waren:

Phosphorsaures Natron	3,672 Gramme	=	23,98 pCt.
,, Erden	1,097 ,,	=	7,16 ,,
Schwefelsaure Alkalien	7,026 ,,	=	45,88 ,,
Chlornatron und Chlorammonium	3,518 ,,	=	22,98 ,,
	15,314 Gramme.	=	100,00 pCt.

Bei animalischer Nahrung nahm besonders die Menge der schwefelsauren und phosphorsauren Salze zu. Hinsichtlich der Schwefelsäure wurde diese Angabe von *Clare* (*Schmidt's* Jahrb. 1855. Nr. 7. S. 5) bestätigt; einen Einfluss der Körperbewegung nahm derselbe aber nicht wahr. Ueber die Ausscheidung der Phosphorsäure durch die Nieren ist viel gearbeitet worden. *N. Breed* (Annalen d. Chemie u. Pharm. Bd. 78. S. 150), der die Phosphorsäure nach *Liebig's* Anweisung durch titrirtes Eisenchlorid bestimmte, erhielt aus 24 an 4 Personen angestellten Versuchen im Mittel 3,732 Gr. Phosphorsäure auf 24 Stunden. Nach ihm nimmt während des Schlafs die Phosphorsäure im Harne ab. *Boecker* (Archiv f. gemeins. Arbeiten. Bd. 2), der den Einfluss des Schlafs auf die Harnabsonderung genau untersuchte, gelangte auch zu dem wichtigen Resultate, dass während des Schlafs die ausgeschiedene Harnmenge, das Wasser, die festen Bestandtheile, der Harnstoff, die feuerflüchtigen Salze, das Kochsalz, die Extractivstoffe und die Erdphosphate zunehmen, die Harnsäure aber und die an Alkalien gebundene Phosphorsäure erheblich abnehmen. Fügen wir noch hinzu, dass *Mosler* (Urinabsonderung bei gesunden, schwangern und kranken Personen. Giessen 1854) durch angestrengte geistige Arbeit den Phosphorsäuregehalt, bei gleichbleibender Menge des Urins, erheblich zunehmen fand, so wird es wahrscheinlich, dass die Phosphorsäure ein Product des Stoffwechsels im Gehirne ist. Durch Kaffegenuss sah *Jul. Lehmann* die Phosphorsäure, gleichwie den Harnstoff im Urine abnehmen.

Den Eisengehalt der Harnasche bestimmte *Boecker* (Prager Vierteljahrsch. 1854. Bd. 3. S. 131) mittelst einer Titrirmethode, die auf der Entfärbung des übermangansauren Kalis durch Eisenoxydul beruht. Die Reduction des Eisengehaltes in dem benutzten Zink, wodurch das Eisenoxyd der Harnasche in Eisenoxydul umgewandelt wird, macht die Methode unsicher wegen des geringen Eisengehalts im Harne, nämlich ungefähr 0,001 Gramm auf 100 C.-Cent.

Dass bestimmte Salze und viele andere Substanzen auf die Harnmenge von Einfluss sind, lehrt uns die *Materia medica*, und es gehört dieser Gegenstand eben so gut ins Gebiet der Nahrungsmittellehre. Nach einer Unze *Liq. Kali acetici* beobachtete *Ranke* eine so vermehrte Harnabsonderung, dass in 3 Stunden mehr als sonst in 16 Stunden ausgeschieden wurde. *Digitalis* und *Jodkali* hatten die gleiche Wirkung. Nit der Menge des Harns ändert sich aber auch zugleich dessen Zusammensetzung. (*Krahmer*, Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 41. S. 1. *Ranke*, Phys. chem. Untersuchungen über das Verhalten einiger org. Stoffe im menschl. Organismus, nebst Versuchen über die diuret. Wirkung mehrerer Arzneimittel. Erlangen 1851.)

Wie der Menschenharn je nach der Art der Ernährung ein verschiedener wird, so zeigt auch der Harn verschiedener Thiere, namentlich der Säugethiere, nach Maasgabe der Nahrung grosse Verschiedenheiten. — Der Harn des Schweins, welches gleich dem Menschen zu den Omnivoren gehört, aber doch in der Regel fast ausschliesslich vegetabilische Nahrung erhält, wurde durch *Boussingault* (*Ann. de Chimie et de Phys. 3me Série. T.* 15. *p.* 97) und *von Bibra* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 53. S. 98) untersucht. Er war ganz hell, hatte schwachen Geruch und Geschmack und reagirte deutlich alkalisch; er brauste mit Säuren auf und wurde durchs Kochen getrübt, weil sich die doppelt kohlensauren Erden in einfach kohlensaure umwandelten. Harnsäure und Hippursäure kamen darin nicht vor, aber verhältnissmässig viel Harnstoff (29 bis 49 pCt. der festen Bestandtheile), den übrigens *Boussingault* nur aus dem Stickstoffgehalte bestimmte. Die geringe Menge phosphorsaurer Salze und stickstoffhaltiger Producte des Stoffwechsels weist darauf hin, dass die Schweine, deren Harn von *Boussingault* untersucht wurde, hauptsächlich oder ausschliesslich Vegetabilien verzehrten. Einen grössern Gehalt an phosphorsaurem Natron fand *von Bibra*. — Von vielen Carnivoren unter den Säugethieren ist der Urin untersucht worden; er stimmt mit dem menschlichen überein, ist jedoch im Allgemeinen concentrirter und reagirt stärker sauer. Er enthält sehr viel Harnstoff und daneben geringe Mengen Harnsäure; von den Salzen überwiegen die Sulphate und die Phosphate. Im Hundeharne hat *Liebig* (Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 86. S. 125) eine in Nadeln krystallisirende Säure gefunden, die Cynursäure, welche nach einer vorläufigen Untersuchung wenig oder keinen Stickstoff enthält. — Der Harn der Herbivoren ist sehr verschieden von jenem der Carnivoren. Am meisten ist der Pferdeharn untersucht worden. Derselbe ist gelblich, sehr trübe, von widerlichem Geruche und reagirt stark alkalisch. Der Harnstoff steht hinsichtlich der Menge immer oben an, wenngleich er in geringerer Menge darin vorkommt, als im Harne der Carnivoren; dann aber kommt die Hippursäure, die gerade davon den Namen erhalten hat, dass man sie zuerst im Pferdeharne fand. Er ist arm an Phosphaten und führt auch verhältnissmässig nur wenige Sulphate, dagegen viel kohlensaure Alkalien und Erden, von denen auch die Trübung der alkalischen Flüssigkeit herrührt. Milchsaure Salze scheinen beständig im Harne von Pferden und Kühen vorzukommen. Der Harn von saugenden Kälbern ist hell, er reagirt sauer, enthält nur wenige feste Bestandtheile und führt hauptsächlich das Allantoin. — Der Vogelharn, welcher mit den Faeces entleert wird und diese in der Regel als eine weisse Schale umgiebt, besteht hauptsächlich aus doppelt harnsaurem Ammoniak und doppelt harnsaurem Kalke; der rasch erhärtende Schlangenharn aus doppelt harnsauren Alkalien nebst etwas Harnstoff und phosphorsauren Erden. Der Schildkrötenharn bildet eine helle, neutrale oder schwach alkalische Flüssigkeit; er enthält in Menge doppelt harnsaure Salze, und daneben Hippursäure, Harnstoff und eine krystallinische organische Substanz. Im Froschharne hat man Harnstoff gefunden. Im Harne der Insecten kommt Harnsäure vor, in jenem der Spinnen unter andern Guanin, das wahrscheinlich auch im Vogelharne enthalten ist, da deren Excremente den bekannten Guano bilden.

Die Untersuchungen über die Zusammensetzung des Harns verschiedener Thiere sind von *Mulder* (Phys. Chemie. S. 1273) und von *Lehmann* (Phys. Chemie. Bd. 2. S. 450) zusammengestellt worden, worauf wir verweisen.

§ 167. Menge des abgeschiedenen Harns.

Die Menge des täglich abgeschiedenen Harns ist von so mancherlei Umständen abhängig, dass es nicht möglich ist, das Mittel dieser Harnmenge anzugeben. Im Allgemeinen kann man nur sagen, dass sie für den Erwachsenen in der Regel mehr als 1000

Gramme, selten mehr als 2000 Gramme beträgt. Auf 1 Kilogramm Körpergewicht erhielt *Winter* als Maximum 1,94, als Minimum 0,58, als Mittel 1,06 C.-Cent. für eine Stunde, was aber für Kinder zu wenig ist.

Wichtiger ist es, nachzuforschen, durch welche Umstände die Menge des abgeschiedenen Harns sich abändert. Vor Allem nimmt sie mit der Menge des aufgenommenen Getränks zu, ohne Zweifel deshalb, weil dadurch eine geringe Blutverdünnung entsteht. Durch Versuche ist ermittelt worden, dass erst 1 oder 2 Stunden nach der Aufnahme einer grossen Wassermenge die stärkste Absonderung eintritt, und dass nach 3 bis 4 Stunden fast alles im Uebermaass genossene Getränk bereits wieder durch die Nieren ausgeschieden worden ist. Zugleich sind die Salze (wenigstens Chlor, Schwefelsäure und Phosphorsäure) reichlicher, als im gewöhnlichen Zustande, entleert worden, was indessen bald durch verminderte Ausscheidung ausgeglichen wird. Entsteht die Blutverdünnung durch verstärkte Aufsaugung, z. B. nach Ohnmacht oder Blutentziehung, so tritt ebenfalls vermehrte Schweiss- oder Harnabsonderung ein.

Die Harnabsonderung steigert sich zweitens, wenn durch Haut und Lungen weniger Wasser ausgeschieden wird. Auf diesen Antagonismus ist bereits früher (§ 159) aufmerksam gemacht worden. Aus diesem Grunde ist die Harnabsonderung in kalten Ländern eine reichlichere, als in warmen, sie ist im Winter stärker als im Sommer, und auf hohen Bergen, wo der niedrigere Luftdruck eine starke Abdunstung durch die Haut begünstigt, sinkt sie auf ein Minimum herab. Wir haben schon früher gesehen, dass das specifische Gewicht des Harns und der Gehalt an festen Bestandtheilen im Allgemeinen der Harnmenge umgekehrt parallel gehen. Da in der täglich ausgeschiedenen Harnmenge so erhebliche Verschiedenheiten vorkommen, so können ungefähr die nämlichen Quantitäten fester Bestandtheile durch die Nieren ausgeschieden worden sein. Bei starkem Schwitzen ist jedoch ein geringerer Salzverlust durch die Nieren zu erwarten.

In *Wagner's* Physiologie hat *Vogel* Beobachtungen über die täglich entleerte Harnmenge mitgetheilt, die 6 Monate hinter einander, vom November bis zum Mai fortgesetzt wurden und wobei auch zugleich die genossenen Speisen nebst den Getränken genau gewogen wurden. Daraus ergab sich, dass bei einer geregelten Lebensweise die Harnmenge nicht regelmässig mit der Menge des aufgenommenen Getränks zu- und abnimmt, da innerhalb 24 Stunden manchmal nur $\frac{1}{3}$ des Getränks als Urin abging, während an andern Tagen die Mengen beider Flüssigkeiten sich gleich standen, oder der entleerte Harn das genossene Getränk selbst um $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ übertraf. Auch ersieht man aus jenen Beobach-

tungen ganz deutlich den Einfluss der Jahreszeiten. Das Maximum für Einen Tag (im November) betrug 111 Loth, das Minimum für Einen Tag (im April) 29 Loth. In 189 Tagen wurden 9117 Loth Harn gelassen, was für den Tag 51,94 Loth giebt; allein das tägliche Mittel war für den November 66, für den December $57\frac{1}{2}$, für den Januar 57, für den Februar $54\frac{1}{3}$, für den März $46\frac{1}{2}$, für den April $54\frac{2}{3}$ und für den Mai $40\frac{1}{3}$ Loth. — Bei übermässigem Trinken tritt immer und zwar binnen kurzer Zeit eine vermehrte Harnentleerung ein. Mehrere Giessener Studenten vereinigten sich, von *A. Winter* (a. a. O.) dazu veranlasst, Nachmittags von 4 bis 8 Uhr grosse Mengen Bier zu trinken, und sie brachten es dahin, das ihre Harnausscheidung während dieser Stunden im Mittel eine fünfmal grössere wurde (eine neunfache im Maximum, die doppelte im Minimum). *Falck* (Archiv f. phys. Heilk. Bd. 11. S. 127) sah das Wasser durch die Nieren nicht blos dann schnell austreten (fast vollständig innerhalb 3 Stunden), wenn es getrunken wurde, sondern auch dann, wenn es als Klystir beigebracht wurde (Ebendas. S. 754); ein Bad dagegen, wobei die Aufsaugung eine unbedeutende, ja selbst problematische ist, übte keinen merklichen Einfluss auf die ausgeschiedene Harnmenge. *Boecker* (*N. A. Acad. C. Leop. Vol.* 24. *p.* 345) sah bei stärkerem Wassertrinken die Harnmenge in noch höherem Maasse zunehmen, so dass der Verlust durch Haut und Lungen eher abgenommen als zugenommen zu haben schien. Wir erachten es demnach für bewiesen, dass eine geringe Blutverdünnung, wie sie nach dem Trinken eintritt, eine stärkere Harnausscheidung zur Folge hat, und es scheint uns dies durchaus nicht widerlegt durch die Versuche, welche *Kierulf* (*Canstatt's* Jahresbericht. 1852. Bd. 1. S. 154) unter *Ludwig's* Leitung unternommen hat, wo nach vorgängiger Blutentziehung Wasser injicirt wurde, ohne dass eine der Blutverdünnung entsprechende Harnabscheidung eintrat. Es trat ja eine Ausscheidung von Eiweiss und von Blutfarbestoff durch die Nieren ein, zum deutlichen Beweise, dass das Blut, wie es zu erwarten war, dadurch eine wesentliche Umänderung erlitten hatte, so dass sowohl direct als in Folge des geringeren Blutdrucks eine Störung in der Harnabsonderung eintreten konnte. — Dass bei einer durch sehr reichliches Getränk gesteigerten Harnabsonderung zuerst mehr Chlor, Schwefelsäure und Phosphorsäure austreten, worauf dann bald eine verminderte Ausscheidung dieser Substanzen folgt, ist durch die unter *Vogel's* Leitung angestellten Versuche von *Hegar*, *Gruner* und *Winter* festgestellt worden.

§ 168. Absonderung des Harns.

Die stickstoffhaltigen Producte des Stoffwechsels, welche durch die Nieren ausgeschieden werden, sind in den verschiedenen Geweben, so wie im Blute selbst entstanden und werden nur durch die Nieren fortgeschafft. Sie finden sich im Blute vor und ihre Menge innerhalb des Blutes nimmt zu, wenn die Nieren exstirpirt oder wenn auch nur die Nierenarterien unterbunden werden. Mit dem Harne verhält es sich also umgekehrt wie mit der Galle, deren Hauptbestandtheile in der Leber sich bilden und nach Exstirpation der Leber sich nicht im Blute vorfinden (§ 93). Viele andere Bestandtheile der aufgenommenen Substanzen gehen mehr oder weniger verändert (s. § 170) in den Harn über; bei diesen ist also an eine Bildung innerhalb der Nieren in keinem Falle zu denken.

In den Nieren, die sich durch ihren grossen Wasserreichthum auszeichnen und leicht eine noch grössere Wassermenge aufnehmen

(*Oesterlen*), werden mithin bestimmte Stoffe aus dem Blute ausgeschieden, wobei das Nierengewebe selbst nur einen beschränkten Antheil an der Bildung dieser Stoffe nimmt.

Im Vergleiche mit den traubenförmigen Drüsen ist die absondernde Nierenoberfläche im Verhältniss zum Nierenvolumen nicht gross zu nennen. Das Volumen beider Nieren beträgt ungefähr 270 C.-Centim. und die absondernde Oberfläche ist nach *Krause* reichlich 13, nach *Valentin* reichlich 9 Quadratmeter gross. Wenn also der Urin gleichmässig auf der ganzen Fläche abgesondert würde, so käme auf 8 bis 10 Q.-Centim. Oberfläche im Tage nur Ein Gran Harn. Berücksichtigen wir aber den Bau der Nieren und den Blutumlauf in diesen Organen, so ist es klar, dass die Absonderung nicht gleichmässig auf der ganzen Oberfläche stattfindet. Als *Bowman* den Zusammenhang der Harnkanälchen mit den *Glomerulis* nachgewiesen hatte, stellte er zugleich die Hypothese auf, das Wasser werde hauptsächlich durch die *Glomeruli* abgeschieden, die festen Bestandtheile aber träten auf der Oberfläche der Harnkanälchen aus und würden gleichsam durch das Wasser fortgespült. — Nach *Ludwig* dagegen soll der Harn vollständig mit allen seinen Bestandtheilen, jedoch reicher an Wasser, in den *Glomerulis* abgeschieden werden, und durch Aufsaugung in den Harnkanälchen soll er an Dichtigkeit zunehmen.

Beide Hypothesen treffen darin zusammen, dass in den *Glomerulis* eine grosse Menge Flüssigkeit ausgepresst wird, was bei dem hohen Drucke, worunter das Blut in denselben steht (§ 164), kaum zu bezweifeln ist, zumal da *Goll*, der unter *Ludwig's* Anleitung arbeitete, nachgewiesen hat, welchen Einfluss der Blutdruck auf die ausgeschiedene Harnmenge übt. Dafür spricht auch, dass die Haargefässe fast nackt daliegen und ihre Schlingen sich der Harnröhrchenmündung gegenüber befinden, und dass ferner bei Vögeln und Amphibien, deren *Glomeruli* so wenig entwickelt sind, auch nur so wenig Flüssiges im Harne ausgeschieden wird. — Ueber den Antheil der Harnkanälchen laufen aber die beiden Hypothesen aus einander: *Bowman* lässt durch deren Zellen die Hauptbestandtheile des Harns wirklich abgeschieden werden; *Ludwig* dagegen scheint hier nur eine Wasserabsorption zu statuiren. In der That steht das Blut in dem die Harnkanälchen umspinnenden Haargefässnetze unter einem sehr geringen Drucke, und es ist, wie *Ludwig* bemerkt, durch die Wasserausscheidung in den *Glomerulis* dichter geworden; beiderlei Verhältnisse müssen die Aufsaugung in den Harnkanälchen

befördern. Andererseits lässt aber die Wasserabsorption umgekehrt an den Uebergang fester Substanzen in die Flüssigkeit denken, und ein solcher Austritt aus den Zellen der Harnkanälchen, zumal in der Rindensubstanz, kommt uns deshalb sehr wahrscheinlich vor. Wir neigen um so eher zu dieser Annahme, da man sich bei dem räthselhaften Umstande, dass manche Blutbestandtheile nicht in den Harn übergehn, während andere, z. B. Harnstoff, wovon das Blut nur Spuren enthält, in grosser Menge durch die Nieren austreten, vor der Hand nur darauf berufen kann, dass die Membranen für manche Bestandtheile schwer permeabel sind, und wahrscheinlich spielen die auskleidenden Zellen der Harnkanälchen dabei eine gewichtige Rolle. Die Ausscheidung von Eiweiss ist wenigstens untrennbar an ihre Abstossung gebunden, und überdies führt uns auch im Vergleiche mit andern Drüsen die Analogie zu diesem Schlusse. Diese Zellen würden demnach nicht sowohl als Bildungsstätten, denn vielmehr als Reservoirs der Harnbestandtheile anzusehen sein. Der überwiegende Salzgehalt würde in der grossen Permeabilität der thierischen Membranen für diese Substanzen seine Erklärung finden.

Im normalen Zustande scheinen die Zellen der Harnkanälchen nicht abgestossen zu werden. Dies geschieht aber bei starker Fettmetamorphose, denn die Fetttröpfchen, welche dann im Harne sowohl wie in den Harnkanälchen vorkommen, können nicht wohl auf andere Weise frei geworden sein, als durch Dehiscenz der Zellen.

In der Allg. Phys. wird näher nachgewiesen, dass die verschiedenen stickstoffhaltigen Producte des Stoffwechsels an anderer Stelle gebildet und durch die Nieren ausgeschieden werden. Man hüte sich aber daraus zu folgern, dass die Nieren gar keinen Antheil an der Harnbildung nehmen; da die Nieren ebenfalls dem Stoffwechsel unterliegen, so wäre eine solche Annahme geradezu absurd. Selbst hinsichtlich jener Producte des Stoffwechsels, deren Vorkommen im Blute nachgewiesen ist und deren Menge nach Exstirpation der Nieren oder Unterbindung ihrer Arterien steigt, ist die Bildung innerhalb der Nieren keineswegs ganz ausgeschlossen. *Bernard* und *Barreswil* sowohl als *Stannius* fanden, wenn die Harnabsonderung abgeschnitten worden war, im Blute eine geringere Quantität Harnstoff, als durch die Nieren würde ausgeschieden worden sein, wenn dieselben nicht wären exstirpirt worden (*Ludwig's* Physiologie. Bd. 2. S. 257). Ob manche Extractivstoffe in den Geweben oder in den Nieren sich bilden, ob einzelne vielleicht unmittelbar aus der Nahrung abstammen, ist ganz unsicher, so lange diese Substanzen nicht genauer unterschieden und erkannt sind. Die neutrale Reaction des Nierengewebes (beim Kalbe) und die saure Reaction des Harns, während das Blut alkalisch ist, weisen auch ganz bestimmt auf einen Antheil des Nierengewebes an der Harnabsonderung hin.

Das eigenthümliche Verhalten der Blutgefässe zu den Drüsenelementen muss zu der Annahme führen, dass die *Glomeruli* und die mit dem Capillarplexus versehenen Harnkanälchen eine verschiedene Bedeutung haben. Mit Umsicht hat *Bowman* seine oben ausgesprochene Hypothese aufgestellt. Für die Absonderung der Hauptbestandtheile des Harnes durch die Harnkanälchen

führt er folgende Gründe an: 1) die Bildung einer ausgebreiteten Oberfläche durch die Schlängelungen der Kanälchen, worin der allgemeine Typus absondernder Oberflächen sich ausspricht; 2) die auskleidenden Zellen in den Kanälchen, die den allgemeinen Character des Drüsenepitheliums besitzen, dessen Bedeutung für die Absonderung sich immer mehr mit Bestimmtheit herausgestellt hat; 3) das Capillarnetz, womit die Membranen der Röhrchen unmittelbar umgeben sind, als Analogon jenes Capillarnetzes, welches die Samenkanälchen umspinnt. Gegenüber stellt dann *Bowman* die Malpighi'schen Kapseln, die 1) zusammengenommen nur eine kleine Oberfläche darstellen, die 2) nur mit kleinen durchscheinenden Zellen bekleidet sind, und die 3) ein Gefässbüschel auf ihrer freien Oberfläche besitzen, dessen Gefässe mit denen anderer Malpighi'scher Körper und selbst unter einander keine Gemeinschaft haben. Angesehen nun, dass das Secretum der Nieren durch seinen grossen Wassergehalt sich vor andern Secretis auszeichnet, kommt *Bowman* zu dem Schlusse, dass gerade die für den Bau der Nieren so charakteristischen *Glomeruli*, welche die Blutbewegung verlangsamen und fast ganz nackt daliegen, hauptsächlich das Wasser hergeben, wodurch die festeren Bestandtheile ausgespült werden.

Ludwig's Verdienst ist es, auf den höheren Blutdruck in den *Glomerulis* und auf den geringeren Druck in den die Harnkanälchen umspinnenden Geflechten hingewiesen zu haben, und mit ersterem hat er eine reichliche Absonderung, mit letzterem eine Absorption wässriger Bestandtheile in Verbindung gebracht. Wir erachten es aber für eine einseitige Auffassung, dass in den Harnkanälchen fast lediglich nur Aufsaugung statt finden soll, und dass sie keinen besondern Antheil an der Absonderung der Hauptbestandtheile des Harns haben sollen; denn die von *Bowman* angeführten Gründe sprechen aufs Bestimmteste für einen solchen Antheil, der auch durch die Gesetze der Osmose gefordert wird, wenn Wasseraufsaugung darin statt findet (*Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 2. S. 637). Den Einfluss des Blutdruckes auf die Harnabsonderung hat *Goll* (Ueber den Einfluss des Blutdruckes auf die Harnabsonderung. Würzb. 1853) untersucht; dieser spricht dann auch auf bestimmtere Weise von einem neuen Uebergange löslicher Bestandtheile in die Flüssigkeit, welche in den *Glomerulis* abgeschieden und in die Harnkanälchen fortbewegt wurde. Für *Ludwig's* Hypothese werden hier folgende Gründe angeführt: 1) der anatomische Bau der Nieren; 2) das Factum, dass die Concentration des Harns niemals über einen gewissen Punkt hinausgeht; 3) die Armuth an festen Bestandtheilen in dem rasch abgeschiedenen Harne und umgekehrt; 4) die vermehrte Absonderung des Harns, wenn jene auf diesem Wege auszuscheidenden Stoffe im Blute zunehmen; 5) das Aufhören einer flüssigen Absonderung, wenn in den Nieren aus dem Harne feste Substanzen niedergeschlagen worden sind; 6) die beständige Absonderung ohne gleichzeitiges Vorhandensein einer endosmotischen Substanz; 7) die Unterdrückung der Absonderung, wenn vom Ureter aus ein geringer Gegendruck stattfindet, wie es *Loebell* (*De conditionibus, quibus secretiones in glandulis perficiuntur. Marb.* 1843) nachgewiesen hat.

Diese Gründe sprechen für den Einfluss des Drucks auf die Absonderung einer wässrigen Flüssigkeit, beweisen aber durchaus nicht, dass die Hauptbestandtheile des Harns in den *Glomerulis* abgeschieden werden. Am wahrscheinlichsten kommt es uns vor, dass durch die *Glomeruli* jene Blutbestandtheile ausgepresst werden, welche unter den gegebenen Umständen die Gefässhäute u. s. w. durchdringen können. Wenn Eiweiss und Proteinverbindungen davon ausgeschlossen sind, Salze und Extractivstoffe dagegen mit vielem Wasser durchdringen, so kann uns dies nicht befremden, wenn wir uns daran erinnern, dass nach den Beobachtungen von *Brücke* und *Mialhe* keine Spur von Eiweiss durch das auskleidende Eierschalenhäutchen dringt, während Salze und manche andere Substanzen leicht durch dasselbe hindurchtreten. Auch geht Eiweiss in den Harn über und zwar zugleich mit Blutfarbestoff, wenn durch Wasserinjection den Blutkörperchen Bestandtheile entzogen und dem *Liquor sanguinis* übergeben werden (*Kierulf*, § 167). Zucker geht nur dann

hindurch, wenn er in grösserer Menge im Blute vorhanden ist (s. Allg. Phys.); ist aber viel Alkali im Blute, wodurch die Umwandlung des Zuckers befördert wird, so scheint dies dann dem Uebergange des Zuckers in den Harn hinderlich zu sein (*Ranke's* Untersuchungen u. s. w.). Wahrscheinlich ist die durchdringende Flüssigkeit gleichwie das Blut alkalisch, bei Carnivoren hauptsächlich durch phosphorsaures Natron, bei Herbivoren durch kohlensaures Natron. Diese Flüssigkeit kann nun von der einen Seite zum Theil aufgesaugt werden und nimmt dafür die eigentlichen Hauptbestandtheile des Harns (Harnstoff, Harnsäure u. s. w.) aus den Zellen der Harnkanälchen auf, in denen eine saure Reaction besteht. Bei Fleischfressern bekommt diese Säure die Oberhand und es entsteht saures phosphorsaures Natron, bei Herbivoren dagegen bleibt das Alkali vorwaltend. Bei dieser Auffassung wird das Vorkommen unlöslicher Erdsalze im alkalischen Harne der Herbivoren begreiflich; sie können mit der sauren Flüssigkeit in die Epithelialzellen eindringen und werden durch das überflüssige kohlens. Natron in unlösliche kohlensaure Verbindungen umgewandelt.

Am deutlichsten hat sich der Einfluss des Blutdrucks auf die Menge des abgesonderten Harns in *Goll's* Versuchen herausgestellt. Derselbe schlug drei verschiedene Wege ein: 1) Reizung des *Vagus* und 2) Blutentziehung mit nachfolgender Injection, durch welche beiden Mittel der Blutdruck eine Erniedrigung erfuhr; 3) Unterbindung mehrerer Schlagadern, um den Blutdruck zu vermehren. Bei den beiden erstgenannten Methoden zeigte sich der Einfluss des Blutdrucks ganz klar; die Irregularitäten, welche besonders bei der dritten Methode vorkommen, lieferten aber den Beweis, dass auch noch andere Umstände auf die Lebhaftigkeit der Harnabsonderung influiren. — Es verdient noch bemerkt zu werden, dass *Ludwig* und *Loebell* eine ganz klare Flüssigkeit abfliessen sahen, wenn sie defibrinirtes arterielles Blut unter einem Drucke von 100 bis 120 Millim. Quecksilber durch die Arterie einer frisch ausgeschnittenen Schweinsniere einspritzten, wobei das aus der Nierenvene ausfliessende Blut mehr feste Bestandtheile enthielt. Die aus dem Ureter kommende Flüssigkeit war aber fast eben so eiweisshaltig als das eingespritzte Blut.

§ 169. Einfluss des Nervensystems auf die Harnabsonderung.

Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Harnabsonderung sind wir noch ganz im Dunkeln. Für eine directe Einwirkung, wie sie *Ludwig* für die Unterkieferdrüse nachgewiesen hat (§ 70), liegen noch keine ausreichenden Gründe vor, und es spricht selbst gegen eine solche der Umstand, dass die Absonderung eine anhaltende ist. Ein mittelbarer Einfluss der Nerven ist indessen nicht zu verkennen. Bei Nervenzufällen und bei manchen Gehirn- und Rückenmarkskrankheiten ändert sich der abgesonderte Harn quantitativ und qualitativ; die Annahme einer gewissen Periodicität in der Harnabsonderung, selbst für bestimmte Substanzen, wie z. B. Jodkali, scheint nicht umgangen werden zu können; eine Verwundung der vierten Hirnhöhle veranlasst, wie *Bernard* gezeigt hat, die Absonderung eines zuckerhaltigen Harns, trifft man aber nicht ganz genau die richtige Stelle, so entsteht eine übermässige Harnabsonderung ohne Zuckergehalt; beim Injiciren kalten Wassers in die Pfortader will *Bernard* augenblickliche vermehrte Harnabsonderung beob-

achtet haben. Diese Erscheinungen lassen sich nur zum Theil mittelbar aus einer secundären Veränderung der Blutmischung herleiten. Dass sie jedoch hierdurch nicht vollständig erklärt werden können, ergiebt sich besonders aus einer Beobachtung *J. A. Mulder's* und aus den Versuchen *Goll's,* bei denen in den beiden Nieren eine ganz verschiedenartige, wechselnde Absonderung sich herausstellte, obwohl doch das nämliche Blut unter gleicher Kraft des Herzens durch dieselben strömte. Vielleicht beschränkt sich der Nerveneinfluss auf eine Einwirkung auf die Blutgefässe, deren Lumen durch die veränderte Nerveneinwirkung sich auch abändert.

Nach der Durchschneidung oder Unterbindung der auf den Nierenarterien verlaufenden Nerven, mögen diese Gefässe dabei vorübergehend oder bleibend unterbunden werden oder nicht, stellen sich zugleich mit der veränderten Harnabsonderung solche Entartungen in dem Nierengewebe ein, dass sich ein directer Einfluss der Nerven auf die Harnabsonderung daraus nicht herleiten lässt. Aus diesen Entartungen erhellt aber die Bedeutung der Nerven, dass sich nämlich die Harnabsonderung und die Nutrition der Niere nicht von einander trennen lassen.

Die frühesten Versuche über den Nerveneinfluss auf die Harnabsonderung verdanken wir *Krimer* (Physiologische Untersuchungen. Leipzig 1820. S. 1—60). Die Durchschneidung der Nierennerven veranlasste ein Austreten von Eiweiss und Blutfarbestoff, und die normalen Harnbestandtheile sollten dabei abnehmen. *Brachet* (*Recherches expérimentales sur les fonctions du système ganglionaire. Paris* 1830. *p.* 269) durchschnitt bei Hunden die Nierenarterie und mit dieser zugleich die Nerven, und dann verband er die beiden durchschnittenen Arterienenden durch ein eingeführtes Röhrchen, so dass der Blutumlauf fortdauern konnte: der innerhalb 4 Stunden, während dessen das Thier viel soff, ausgeschiedene Harn war röthlich und trennte sich in ein fibrinöses Coagulum und in Harn. *Joh. Müller* und *Peipers* (*De nervorum in secretiones actione. Berol.* 1834. *p.* 26) erhielten bei Kaninchen und Schafen vorübergehend oder auch anhaltend einen blutigen Harn, wenn sie die Gefässe und Nerven zusammen in eine Ligatur gefasst und die Nerven dadurch fast abgeschnürt hatten und hierauf die Ligatur wieder wegnahmen. Dieses Resultat fand *Valentin* (*De functionibus nervorum, p.* 149) bestätigt, mochte er die Nerven allein oder zugleich mit den Gefässen unterbinden. Ein Schaf, dessen Nierennerven nur auf einer Seite unterbunden worden waren, lebte noch 2½ Tage. Immer wurden aber erhebliche Abnormitäten in der Nierenorganisation wahrgenommen, denen *Ludwig* (*Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 2. S. 634) bei Wiederholung dieser Versuche besondere Aufmerksamkeit schenkte. In dem einen Falle starb das Thier 22 Stunden nach der vorübergehenden Ligatur der gesammten Gefässe und Nerven. Es zeigte sich hier ein hoher Grad von Erweichung, deren auch *Peipers* gedenkt; beim Durchschneiden der gespannten Nierenkapsel drang die Rindensubstanz der Niere flockig hervor und damit entleerte sich zugleich eine Menge flüssiges Blut. Mit Wasser ausgespült wurden jene Flocken ganz weiss, und durch die mikroskopische Untersuchung gaben sie sich als abgestossene Harnkanälchen zu erkennen, die mit ihrem Epithelium bekleidet waren. Blutgefässe fanden sich nicht und selbst nicht einmal einzelne *Glomeruli.* In zwei andern Fällen, wo die Thiere nach 18 bis 20 Stunden starben,

war die Erweichung nicht so weit vorgeschritten: hier bemerkte man stärkere Blutanhäufungen und namentlich waren die *Glomeruli* und die äussersten Enden der Marksubstanz stark mit geronnenem Blute erfüllt, das sich nicht ausspülen liess. Ein noch weiteres Fortschreiten der Erweichung zeigte sich bei ähnlichen Versuchen, welche *Schulz* (*De arteriae renalis subligatione. Dorp.* 1851) unter der Leitung von *Bidder* und *Adelmann* anstellte. Wurden bei Katzen Gefässe und Nerven unterbunden, so war nach 78, ja selbst nach 36 Stunden keine Spur von Niere mehr zu erkennen. Eine Vermehrung des Fettgehaltes geht der Auflösung des Gewebes vorher. — Alle diese Versuche sprechen sehr deutlich für einen Einfluss der Nierennerven auf die Ernährung und Absonderung der Nieren, indem sie vielleicht auf die Gefässwandungen einwirken; daraus könnte der congestive Zustand mit nachfolgender Degeneration der Niere sowohl, als der blutige Harn abgeleitet werden. Dass die Unterbindung der Nierenvene ebenfalls Blutanhäufung und Erweichung veranlasst und selbst einen raschern Tod herbeiführt, kann uns nicht befremden; unseres Erachtens liegt hierin wenigstens kein Grund gegen die Beweiskraft der genannten Versuche.

Bernard's Versuche (s. unter andern *Nouvelle fonction du foie etc.* 1853) über die verstärkte Harnabsonderung mit oder ohne Zuckerbildung, wenn der vierte Hirnventrikel verwundet wird, sind von vielen Seiten und auch durch uns bestätigt worden. (*Nederl. Lancet. 3e Serie II.* 259).

Aeltere Versuche und Beobachtungen über den Einfluss des Gehirns und Rückenmarks auf die Harnabsonderung, die aber meistens den directen Einfluss auf die Nieren im Ungewissen lassen, findet man bei *Longet* (*Traité de Physiologie. T.* 2. *p.* 198).

§ 170. Uebergang von Substanzen in den Harn.

Man hat nothwendige und zufällige Bestandtheile des Harns unterschieden. Diese Unterscheidung muss sich an das anreihen, was bei unsern Nahrungsmitteln als nothwendig und als zufällig gilt. Die gewöhnlichen stickstoffhaltigen Producte bilden sich aus den nothwendigen Nahrungselementen. Eine Anzahl Salze ist zum Leben unerlässlich; diese werden mit den Nahrungsmitteln zugeführt und dem zu Folge auch wieder durch die Nieren ausgeschieden. Diese Substanzen gehören deshalb alle zu den nothwendigen Bestandtheilen des Harns.

Es gehen aber auch andere Substanzen, die zufällig mit unsern Nahrungsmitteln verbunden sind oder absichtlich aufgenommen werden, im veränderten oder unveränderten Zustande in den Harn über, und deren Anwesenheit darin ist gewissermaassen als zufällig zu bezeichnen. Diese näher kennen zu lernen ist nicht unwichtig für die Physiologie, nicht blos darum, weil man wissen muss, welche aufgenommenen Substanzen durch die Nieren ausgeschieden werden, sondern besonders auch deshalb, weil die Schnelligkeit, mit welcher sie im Harne austreten, die Zeit, während welcher sie darin vorkommen, und die Veränderungen, welche sie erfahren können, über manche Verrichtungen, namentlich über die Harnabsonderung mehr Licht verbreiten.

Die meisten löslichen Substanzen, die keiner Zersetzung unterliegen und keine unlöslichen Verbindungen mit den Körperbestandtheilen bilden (Salze, Farbstoffe, manche Extractivstoffe, Riechstoffe) werden durch die Nieren entfernt, während die unlöslichen Substanzen *per anum* fortgehen, die flüchtigen endlich zum grössern Theile durch Haut und Lungen entweichen. Schwere Metalle werden hauptsächlich deshalb nur wenig und langsam durch die Nieren entfernt, weil sie unlösliche Verbindungen bilden. — Eine Oxydation beobachten wir bei pflanzensauren Alkalien und den Schwefelverbindungen, die als kohlensaure und schwefelsaure Salze im Harne auftreten. (S. Allg. Phys.) Daran reiht sich die wichtige Umwandlung der aufgenommenen Harnsäure in Harnstoff und Oxalsäure, woraus sich die Entstehung des Harnstoffs zu einem Theile wenigstens erklärt. (S. Allg. Phys.) Ammonium kommt oxydirt als Salpetersäure im Harne vor (*H. B. Jones*). — Ganz anderer Art ist die Umwandlung der Benzoesäure (auch der Zimmtsäure, des Benzoëäthers und des flüchtigen Mandelöls) in Hippursäure. Diese beruht nämlich auf der Paarung mit Leimzucker (s. Allg. Phys.), und da der Leimzucker, welcher im Organismus entsteht, beim Fehlen von Benzoesäure sich weiterhin in Harnstoff und andere Körper umwandelt, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass, wie Manche gefunden haben wollen, beim Gebrauche von Benzoesäure u. s. w. der Harnstoffgehalt abnimmt.

Die Schnelligkeit, mit welcher aufgenommene Substanzen im Harne angetroffen werden, ist eine sehr verschiedenartige. Salze fangen in der Regel schon in weniger denn 5 Minuten nach dem Einnehmen an ausgeschieden zu werden. Durch Speisen im Magen wird, wie man aus dem längern Ausbleiben von Vergiftungserscheinungen entnehmen kann, die Aufsaugung verlangsamt, und daher kommt es auch, dass die Substanzen dann nicht in der gewöhnlichen Schnelligkeit im Harne auftreten.

Ein Paar Stunden nach dem Gebrauche einer Substanz hat die Ausscheidung durch die Nieren ihr Maximum erreicht. Darf man vom Jodkali auf andere Salze schliessen, so muss man annehmen, dass Salze, auch wenn sie in kleiner Menge genommen werden, noch länger als 24 Stunden im Harne vorkommen. Salze von schweren Metallen trifft man zwar seltener im Harne an, sie lassen sich dann aber auch wohl mehrere Wochen nach dem Gebrauche noch im Harne nachweisen.

Die klassischen Untersuchungen *Wöhler's* (*Tiedemann's* Zeitschr. f. Phys. Bd. 1. S. 305) über den Uebergang von Stoffen aus dem Darmkanale in den Harn sind durch spätere Versuche grösstentheils bestätigt und erweitert worden.

In Betreff des Uebergangs in den Harn kann man nach *Wöhler* drei Classen von Körpern unterscheiden: 1) Solche, die nicht wieder im Harne aufgefunden werden, nämlich Eisen, Blei, Weingeist, Schwefeläther, Kampher, Dippelsöl, Moschus und die Farbstoffe von Cochenille, Lackmus, Saftgrün und Alkanna; ferner nach *Kletzinsky* (*Heller's* Archiv 1852. S. 46, 183 u. 338) auch der Farbstoff von Safran (*Polychroit*), von Blauholz (*Haematoxylin*), Krapp (?), Gallenfarbstoff, Guajak (als Tinctur), Morin (aus *Morus tinctoria*), Carotin (aus *Daucus Carota*), Pararrhodeoretin (aus *Stipites Jalappae*), Aloëtin (aus Aloë). 2) Solche, welche unverändert in den Harn übergehen, nämlich kohlensaures, chlorsaures, salpetersaures und schwefelblausaures Kali (letzteres schon in kleinen Gaben), blausaures Eisenoxydulkali, Borax, salzsaurer Baryt in grösserer Dosis (wenngleich derselbe auch durch andere Säuren leicht zersetzt wird), Kieselerdekali, hydrothionsaures Kali (jedoch zum grössern Theil in schwefelsaures Kali umgewandelt), nach *Aubert* (§ 118) von der schwefelsauren Bittererde mehr Schwefelsäure als Bittererde, sodann viele Farbstoffe, nämlich vom löslichen (schwefelsauren) Indigo (nach *Ranke* Indigo im desoxydirten Zustande), von Gummigutt, Rhabarber, Krapp, Campeschenholz, rothen Rüben, Heidelbeeren, Maulbeeren, Kirschen, viele Riechstoffe, aber zum Theil im veränderten Zustande, wie Terpentinöl (nach Veilchen riechend), das Riechende von Wacholder, Baldrian, Stinkasant, Knoblauch, Bibergeil, Safran, Opium, das betäubende Princip des Fliegenschwammes. 3) Solche, welche in verändertem Zustande im Harne vorkommen, nämlich blausaures Eisenoxydkali als blausaures Eisenoxydulkali, die pflanzensauren Kali- und Natronsalze als kohlensaure Salze, hydrothionsaures Kali grösstentheils als schwefelsaures Kali, Schwefel als Schwefelsäure und Hydrothionsäure, Jod als Jodwasserstoffverbindung; ferner kommen mit einem Alkali verbunden im Harne vor die Oxalsäure, die Weinsteinsäure, die Gerbsäure (*Acidum tannicum* in *Acidum gallicum* umgewandelt), die Bernsteinsäure und die Benzoesäure (in Hippursäure umgewandelt). Der Umstand, dass Pflanzensäuren, die mit keinem Alkali verbunden genommen werden, im Harne als pflanzensaure Alkalien vorkommen, weist deutlich darauf hin, dass die Umwandelung der Pflanzensäuren durch die Anwesenheit von mehr Alkali im Blute befördert wird, weil dann die Stelle der zerlegten Pflanzensäure durch Kohlensäure eingenommen wird. — Später hat *Wöhler* diese Versuche mit *Frerichs* erweitert (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 65. S. 335). Den Harnstoff sahen sie unverändert übergehen, Harnsäure aber fanden sie in Harnstoff und Oxalsäure zerlegt im Harne vor. Von Alloxantin kommt wahrscheinlich unter andern auch Harnstoff, vielleicht auch von Theeïn und Theobromin. Chinin geht schnell über; dagegen werden Anilin, Allantin, Amygdalin, Asparagin und Phlorrhizin im Harne nicht wieder gefunden. Chinon wird nach *Wöhler* und *Frerichs* zersetzt. Endlich müssen wir noch anführen, dass nach *H. B. Jones* (*Philos. Transact.* 1852. *p.* 2) beim Gebrauche von kohlensaurem Ammoniak der Harn keine alkalische, sondern eine saure Reaction zeigt: Oxydation des Ammoniaks und Verwandelung in Salpetersäure scheint daran Schuld zu sein, die zwar bei gewöhnlicher Nutrition im Harne fehlt, aber schon nach kleinen Gaben von Ammoniaksalzen darin vorkommen soll.

Ferner sind auch die Salze schwerer Metalle (Gold, Silber, Wismuth, Antimon, Arsenik), wenn sie in grösserer Gabe gereicht werden, namentlich von *Orfila* (*Traité de Toxicologie. 4me Ed. Paris* 1851) im Harne gefunden worden. So hat auch *van den Broek* nach mässigen Gaben Sublimat das Quecksilber im Urine von Kaninchen mit Sicherheit nachgewiesen.

Wenn man nach der Auffindung von Hippursäure vermuthete, die Benzoesäure werde nicht als solche, sondern als Hippursäure ausgeschieden, so ist dies durch *Ure* (*Journ. de Pharm. Oct.* 1841) u. Andere bestätigt worden. Weiterhin wurden auch andere zur Benzoegruppe gehörige Säuren untersucht:

die Nitrobenzoesäure geht als Nitrohippursäure über, unverändert dagegen die der Benzoesäure so nahe verwandte Cuminsäure und Cumarinsäure (*Hoffmann*, *Ranke*), und wahrscheinlich auch unverändert die Salicylsäure; Salicin dagegen trafen *Laveran* und *Millon* als Salicylwasserstoff und als Salicylsäure im Harne an, was sich auch aus *Ranke's* Versuchen mit Wahrscheinlichkeit ergeben hat. Phenylsäure konnte letzterer nicht auffinden, und Anissäure ist noch nicht untersucht worden. Zimmtsäure wurde, gleichwie Benzoesäure, als Hippursäure wieder gefunden (*Erdmann* und *Marchand* im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 35. S. 307). In gleicher Weise verhält es sich nach *Wöhler* und *Frerichs* mit dem flüchtigen (blausäurefreien) Mandelöle, welches wahrscheinlich vorher in Benzoesäure umgewandelt wurde. Vom Benzoeäther beobachteten sie auch eine Zunahme der Hippursäure. — Die eingenommene Phosphorsäure fand *Boecker* mehrmals als phosphorsaures Kali im Harne wieder. Genaue Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes auf die Harnabsonderung erhielten wir von *Kaupp* (Archiv f. phys. Heilk. Jahrg. 14. S. 385), wodurch es sich unter andern herausgestellt hat, dass die Menge des ausgetretenen Salzes relativ um so grösser ist, in je kleinerer Quantität es aufgenommen wurde.

Die meisten Substanzen, welche innerlich genommen werden, treten schon frühzeitig im Harne auf (s. § 61). Blausaures Kali fand *Westrumb* (*Meckel's* Archiv f. Phys. Bd. 8. S. 536) bei Thieren bereits nach 2 — 10 Minuten im Urine. Fälle von *Exstrophia vesicae*, wo die Mündungen der Harnleiter frei in der Blase liegen, bieten eine passende Gelegenheit dar, die Zeit genauer zu bestimmen, welche zum Uebertritte bestimmter Substanzen in den Harn erforderlich ist. Ueber die älteren Untersuchungen dieser Art ist *F. J. Onnen* (*De prolapsu vesicae urinariae inversae connato. Traj. ad Rhen.* 1824) nachzusehen. Unter andern hat auch *Stehberger* (*Tiedemann's* Zeitschr. f. Phys. Bd. 2. S. 47) einen solchen Fall benutzt und die Zeit, innerhalb welcher aufgenommene Substanzen im Harne sich zeigten folgendermaassen bestimmt:

Krapp und Indigo	15	Minuten
Rhabarber und Gallussäure	20	,,
Campechenholzabkochung	25	,,
Färbendes Princip der Heidelbeeren	30	,,
,, ,, ,, schwarzen Kirschen	45	,,
Adstringirendes Princip von *Folia uvae ursi*	45	,,
Pulpa Cassiae fistulae	55	,,
Blausaures Eisenoxydulkali	60	,,
Roob Sambuci	75	,,

Innerhalb 1 bis 4 Stunden trifft man diese Substanzen im Maximum im Harne an. In einem ähnlichen Falle beobachtete *J. A. Mulder* (*Nederl. Lancet. 2e Serie I.* 611), nachdem 6 Gran Jodkali in $\frac{1}{2}$ Unze Wasser genommen worden waren, das erste Auftreten an dem einen Ureter nach 5 Min. 5 Sec., am andern Ureter nach 5 Min. 38 Sec., und als Maximum fand er ein anderes Mal für den einen Ureter 9 Min. 17 Sec., für den andern Ureter 9 Min. 52 Sec. Manchmal war der Zeitunterschied an den beiden Uretern ein noch grösserer. Nach reichlicherem Gebrauche von Jodkali fand *Ranke* schon nach $3\frac{1}{2}$ Minuten Spuren davon im Harne. Nach dem Einnehmen von 40 Gran Blutlaugensalz konnte *Erichsen* (*Lond. med. Gazette. June* 1845) dessen Anwesenheit im Harne schon nach zwei Minuten erkennen. Er bemerkte, dass Blutlaugensalz und andere Substanzen nicht so schnell übergingen, wenn kurz vorher Speisen aufgenommen worden waren. So fanden auch *Lehmann* und *Buchheim* (*Lehmann's* phys. Chemie. Bd. 2. S. 409) nach dem Genusse von Champagner den Kohlensäuregehalt des Harns nur dann entschieden vermehrt, wenn der Wein bei leerem Magen getrunken wurde.

Stehberger untersuchte auch bereits, wann die durch den Darmkanal eingeführten Substanzen aus dem Harne wieder verschwunden sind, und fand für:

Blausaures Eisenoxydulkali	$3\frac{3}{4}$	Stunden
Indigo	$4\frac{1}{2}$	,,
Rhabarber	$6\frac{1}{8}$	,,
Campechenholzabkochung	$6\frac{3}{4}$	,,
Herba uvae ursi	$7\frac{1}{8}$	,,
Heidelbeeren	$8\frac{3}{4}$	,,
Färberröthe	9	,,
Gallussäure	11	,,
Pulpa cassiae fistulae	24	,,

Im Ganzen scheinen diese Zeitbestimmungen zu niedrig zu sein. Wenigstens fand *J. A. Mulder* nach einer Gabe von 6 Gran Jodkali das Jod immer noch nach 24 Stunden, niemals aber mehr nach 32 Stunden. Nach *Lehmann* (a. a. O. S. 417) trifft man Jodkali, zu 10 Granen genommen, bei manchen Individuen nach 24 Stunden nicht mehr im Harne an, bei andern aber manchmal (gleichwie im Speichel) auch noch nach 3 Tagen. Schwere Metalle verweilen Wochen lang im Körper (s. *Hertwig*, Ueber den Uebergang und das Verweilen des Arseniks im Thierkörper. 1847., u. *Numan, kan het vleesch van dieren, by welke het rattekruid, uitwendig of inwendig, als geneesmiddel is aangewend, veilig door den mensch als voedsel worden gebruikt?* 1849). Bemerkenswerth ist es, dass die Ausscheidung des Quecksilbers und des Bleies durch Jodkali befördert wird, wodurch sie in einen löslichen Zustand überzugehen scheinen, jene des Arseniks aber durch Salmiak (*Melsens* und *Hannon*).

Zweites Kapitel.

Ausscheidung des Harns.

§ 171. Uebersicht des Mechanismus.

Der Harn, welcher unter einem gewissen Drucke in die Harnkanälchen abgeschieden wird, gelangt in Folge der fortgesetzten Ausscheidung aus den Wärzchen in die Nierenkelche, ins Nierenbecken, in den Ureter, und durch die Contraction der Ureteren tritt er in kurzen Zwischenräumen in die Blase über. Hier sammelt er sich in einer gewissen Menge an, weil der *Sphincter vesicae* ihn zurückhält, und zuletzt wird er durch willkürliche Muskelwirkung aus der Harnröhre ausgestossen.

Bevor wir diesen Mechanismus näher beschreiben, müssen wir den Bau der betreffenden Theile erst näher kennen lernen.

§ 172. Harnleiter und Harnblase.

An den Harnleitern kann man drei Häute unterscheiden: die äusserste besteht aus Bindegewebe mit vielen dünnen elastischen Fasern; die mittlere ist aus Faserzellen zusammengesetzt, gehört

also zu den unwillkürlichen Muskeln; die innerste ist eine Schleimhaut.

Die äussere Haut setzt sich ziemlich mit derselben Dicke auf das Nierenbecken und auf die Nierenkelche fort und geht in die Nierenumhüllung über.

Die mittlere Haut besteht aus einer äussern Längsfaser- und einer innern Querfaserschicht: in der Nähe der Harnblase kommt noch eine innere Längsfaserschicht hinzu, und die mittlere (quere) wird undeutlicher (*Kölliker*). Die beiden erstgenannten Schichten setzen sich ohne Unterbrechung zum Nierenbecken fort, werden in den Nierenkelchen immer dünner, hören aber doch erst auf, wo diese sich an die Basis der Wärzchen ansetzen.

Die ziemlich gefässreiche Schleimhaut hat weder Papillen noch Schleimdrüsen. Nach oben setzt sie sich sehr verdünnt auf die Nierenwärzchen fort, nach unten aber hängt sie mit der Blasenschleimhaut zusammen. Sie besitzt ein eigenthümliches Epithelium, woran verschiedene Schichten unterschieden werden: die tiefste Schicht besteht aus kleinen rundlichen, die mittlere aus länglichen Zellen, und zunächst der Oberfläche kommen ganz abgeplattete Zellen vor, an denen man wohl eine Anzahl Eindrücke unterscheidet, in welche die unterliegenden länglichen Zellen passen. Im Ganzen kommen auffallende Formveränderungen an den Zellen vor, und manche enthalten grössere deutlich begrenzte Körnchen, welche mit Kernen Aehnlichkeit haben.

Die Harnblase enthält die nämlichen Häute wie die Ureteren, und am Scheitel wird sie ausserdem noch vom Bauchfelle bekleidet. Ihre äussere Bindegewebslamelle ist sehr dünn. Eine stärkere Entwickelung zeigt die Muskelhaut: ihre äussern längslaufenden Fasern, welche vom Scheitel der Blase aus vorzüglich an der Vorder- und Hinterseite verlaufen (*Musc. detrusor urinae*), stehen hinten mit dem obern Rande der *Prostata* in Verbindung und entspringen vorn auch vom *Lig. puboprostaticum;* die innere Faserschicht, deren Fasern im Allgemeinen in querer Richtung verlaufen, besteht in der Nähe des Blasenhalses aus starken zusammengedrängten ringförmig verlaufenden Bündeln (*Sphincter vesicae*), die weiter nach oben netzförmig verbundenen Bündeln Platz machen, zwischen denen, wenn das Organ aufgeblasen wird, Interstitien übrig bleiben, und bei Hypertrophie erscheinen diese Bündel an der Innenfläche der Blase als *Trabeculae carneae.* Besonders diese letztern Fasern sind gewissermaassen an den *Sphincter vesicae* ge-

heftet und dadurch wird der *Detrusor urinae* directer Antagonist des *Sphincter vesicae* und eröffnet unmittelbar den Blasenhals. Wo sich die Ureteren am Grunde der Blase öffnen, da breiten sich ihre Längsfasern unter der Schleimhaut aus und bilden in Vereinigung mit elastischen Fasern und Bindegewebe das bekannte *Trigonum Lieutaudii*.

Die Blasenschleimhaut besitzt eine ziemlich dicke Unterschleimhautschicht, ausgenommen am *Trigonum*. Ist daher die Harnblase zusammengezogen, so kann sie sich in viele Falten oder Runzeln legen, welche wieder verschwinden, wenn sie durch Harn ausgedehnt oder aufgeblasen wird. Die Schleimhaut ist ziemlich reich an Gefässen, zumal in der Nähe des Blasenhalses, wo sich auch ein grösserer Nervenreichthum vorfindet. Im Allgemeinen kommen fast gar keine Drüsen in dieser Schleimhaut vor; nur in der Nähe des Blasenhalses trifft man zahlreiche, meistens einfache, traubenförmige Drüschen an, die mit einem Cylinderepithelium bekleidet und mit durchscheinendem Schleime erfüllt sind. Das Epithelium der Blasenschleimhaut stimmt ungefähr mit jenem der Ureteren überein. Auch hier sind die oberflächlichen Zellen oftmals mit Eindrücken versehen, worin die obern Enden der unterliegenden länglichen Zellen stecken.

Die Muskelfasern der Ureteren wurden von *Meyer* (*De musculis in ductibus efferentibus glandularum. Berol.* 1838) beim Pferde mit Bestimmtheit nachgewiesen; er unterschied hier zwei Längsschichten und dazwischen eine Querschicht von Muskelfasern. *Krause* beschrieb sie im Handbuche der Anatomie beim Menschen, und *Tourtual* (*Müller's* Archiv. 1840. S. 158) sah in den Harnleitern nicht nur bis zum untersten Ende hin beiderlei Fasern, sondern er unterschied auch im Nierenbecken Ringfasern (im hypertrophischen Zustande) und Längsmuskelbündel, die sich bis auf die Niere selbst ausbreiteten. Am Genauesten hat *Kölliker* (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 1. S. 63) diese Muskelfasern beschrieben. — Ueber die Muskelfasern der Blase ist *Kohlrausch* (Zur Anatomie u. Phys. der Beckenorgane. 1854. S. 14) zu vergleichen.

Das Blasenepithelium sollte nach *Henle* ein Uebergangsepithelium sein, das zwischen Pflaster- und Cylinderepithelium in der Mitte stände, und beim Weibe sollte es an der Urethra und am Nierenbecken in Pflasterepithelium übergehen, beim Manne aber nach dem Nierenbecken hin allerdings durch ein Pflasterepithelium, dagegen nach der Urethra hin durch ein Cylinderepithelium begrenzt werden. *Virchow* (Archiv f. path. Anat. Bd. 3. S. 228) beschrieb die Zellen mit Eindrücken von den unterliegenden länglichen Zellen. Wir haben uns an die Beschreibung von *Kölliker* in dessen Handb. d. Gewebelehre gehalten.

§ 173. Lauf des Harnes bis zur Harnblase.

Der Harn wird unter einem gewissen Drucke abgeschieden, der wahrscheinlich vom Blutdrucke abhängig ist, da dieser nicht

ohne Einfluss auf die abgeschiedene Harnmenge ist. *Locbell* und *Ludwig* schätzen diesen Druck nach ihren Versuchen auf 7 bis 10 Millim. Quecksilber. Sie beobachteten dabei Schwankungen, die theils von der Wirkung der Bauchmuskeln, theils vom Blutdrucke, theils auch von den Contractionen des Ureters herrührten. Bei einem Widerstande im Ureter nimmt die Harnabsonderung ab, und bei einem Gegendrucke von 7 bis 10 Millim. Quecksilber hört sie wahrscheinlich ganz auf.

Der Druck, unter dem der Harn abgeschieden wird, treibt ihn auch in das Nierenbecken und in die Harnleiter; er scheint aber nicht auszureichen, um den Harn auch in die gefüllte Blase überzuführen. Berücksichtigt man, dass die Harnleiter eine Strecke weit zwischen den Blasenhäuten verlaufen, so ist es klar, dass der Harn im Ureter einem grösseren Drucke unterliegen muss, als jener in der Blase, wenn er in die letztere gelangen soll. Daher kommt es, dass der Harn nicht continuirlich in die Blase abfliesst, sondern nur durch die peristaltische Contraction der Ureteren ausgetrieben wird. So lange die Harnabsonderung anhält, kann man beim Hunde, bei der Katze und beim Kaninchen diese peristaltischen Contractionen wahrnehmen. Sie treten um so häufiger auf (6 bis 12 Mal in der Minute), je lebhafter die Harnabsonderung von statten geht. Die Contraction fängt jedesmal am Nierenbecken an und schreitet langsam vorwärts, so dass etwa $\frac{1}{3}$ Secunde verfliesst, bevor sie vom Nierenbecken bis zur Blase sich ausgebreitet hat; an jedem Punkte hält sie aber nur sehr kurze Zeit an, und so geschieht es, dass jederzeit nur eine kleine Strecke des Harnleiters auf Einmal in Contraction sich befindet. Die Contraction ist so stark, dass man dreist annehmen darf, das ganze Lumen des Kanals verschwindet dadurch. In Folge dieses Mechanismus kann der höhere Druck, welchen die peristaltische Bewegung hervorbrachte, sich nicht bis zu den Nieren fortpflanzen: es ist immer nur eine kleine Strecke auf Einmal contrahirt, und während durch die vollständige Abschliessung der Harnleiter der Urin in die Blase getrieben wird, sind die höhern Strecken bereits wieder erschlafft und können aufs Neue Harn aufnehmen. — Jede Reizung der Harnleiter veranlasst eine peristaltische Contraction, welche von der gereizten Stelle ausgeht und sich nur nach der Blase hin ausbreitet. Der vorhandene Harn wirkt wahrscheinlich als Reiz; doch scheinen auch automatische Contractionen vorzukommen, dergleichen *J. A. Mulder* bei einem mit *Exstrophia vesicae* behafteten Individuum an den Blasenmündungen der Harn-

leiter wahrnahm, ohne dass Harn ausgetrieben wurde. Hatte dieser Mann längere Zeit nichts getrunken, dann öffneten sich die Mündungen der Ureteren nur langsam und liessen kaum ¼ Tropfen Flüssigkeit austreten, was in Zwischenräumen von zwei und mehr Minuten geschah. War vieles Getränk genossen worden, so entstanden nach zwei bis drei Minuten Bewegungen an den Harnleitermündungen, ohne dass Urin austrat. Nach einer halben Minute oder mehr begann dann das Austreten des Harns, welches sich rasch steigerte. Nicht selten entleerte sich bei beginnender Anschwellung ½ Tropfen bis zwei Tropfen, die vollständige Entleerung (manchmal bis zu zwei Drachmen) trat aber ein, wenn die Anschwellung die grösste Höhe erreicht hatte. Bei einer mässigen Excretion erfolgte das Ausfliessen tropfenweise, bei stärkerer Excretion dagegen wurde der Harn strahlenförmig oder selbst bogenförmig entleert. Im Mittel beobachtete *Mulder* in der Stunde 80 Entleerungen auf jeder Seite, die aber nicht synchronisch auf beiden Seiten waren. — Dieser Entleerungsmodus harmonirt ganz mit den von uns wahrgenommenen peristaltischen Contractionen, deren Vorhandensein deshalb auch schon von *Mulder* vorausgesetzt wurde.

Die Contractilität der Ureteren war schon von *J. Müller* nach dem Vorgange von *Rudolphi* und *Tiedemann* nachgewiesen worden. *Ludwig* (*Wagner's* Handwörterbuch. Bd. 2. S. 639) hatte bei frisch getödteten Murmelthierchen die peristaltische Bewegung an den der Luft ausgesetzten Ureteren wahrgenommen, und bei den unter seiner Leitung ausgeführten Versuchen *Loebell's* (*De conditionibus, quibus secretiones in glandulis perficiuntur. Marb.*) wurden die Schwankungen des Quecksilbers in einem Manometer, welches in dem nach aussen geführten Ureter eines Hundes befestigt war, zum Theil der peristaltischen Bewegung der Ureteren zugeschrieben. *Valentin* (Lehrb. d. Phys. Bd. 2. S. 488) hat bei Reizungen der Centralorgane nicht selten eine peristaltische Contraction der Harnleiter wahrgenommen.

Es ist uns vorgekommen, als würden die Bewegungen beim Hunde, bei der Katze und beim Kaninchen so lange beobachtet, als die Harnabsonderung anhält. Bei einem Hunde oder einer Katze, die nach der Methode von *Ludwig* betäubt worden sind, kann man sie längere Zeit hindurch einige Male in der Minute regelmässig sich wiederholen sehen, am Nierenbecken anfangend und an der Blase endigend. Bei einem Hunde beobachteten wir sechs, bei einem nicht betäubten Kaninchen zwölf Contractionen in der Minute. Während der Erschlaffung beobachteten wir aufs Deutlichste bei einem Hunde mit gefüllter Harnblase, dass sich allmählig etwas Harn in den Ureteren ansammelte, der bräunlich schieferfarbig durchschimmerte; bei der nachfolgenden Contraction aber, die regelmässig alle 5 Secunden sich einstellte, erblassten die Ureteren und wurden leer.

Manchmal werden keine spontanen Contractionen wahrgenommen, oder sie zeigen sich nur unregelmässig einmal oder auch mehrmals in der Minute. Dieser Fall tritt ein, wenn die Harnabsonderung aufgehört hat. Durch eine jede, auch mechanische Reizung entsteht auf der Stelle Contraction, die von der gereizten Stelle ausgehend sich bis zur Blase fortsetzt, niemals aber nach oben sich ausbreitet. Ist die Reizbarkeit im Abnehmen, so kommt es durch

Reizung tiefer gelegner Partien der Ureteren leichter zur Contraction, als wenn höher oben befindliche Partien gereizt werden. An einem isolirten Ureter zeigen sich keine peristaltischen Bewegungen mehr. Mehrfach haben wir beobachtet, dass die Contraction der Ureteren, welche durch Reizung entstanden war, sich nicht auf diese Organe beschränkte, sondern auch auf die Blase fortschritt. Aus einer gefüllten Blase wurde dadurch etwas Harn ausgetrieben, obwohl die Blase nicht mit der Bauchwand bedeckt war, in einer leeren Blase aber hielten unregelmässige wurmförmige Contractionen noch einige Zeit hindurch an.

Den Uebertritt des Harns in die Blase hat *J. A. Mulder* (*Nederl. Lancet. 2e Serie I.* 611) sehr genau beschrieben.

§ 174. Entleerung des Harns nach aussen.

Im leeren Zustande ist die Harnblase zusammengezogen, so dass ihre Wandungen fast auf einander liegen. Der Harn, welcher continuirlich aus den Ureteren heraustritt, dehnt ihre Höhle allmählig aus und überwindet den Widerstand, welcher durch den Tonus der Muskelfasern und durch den Druck des angesammelten Urins selbst hervorgerufen wird. Sobald die Blase einen gewissen Umfang erreicht, erhebt sie sich über den Rand der Schaambeinvereinigung. Die Ausdehnung erfolgt nach jeder Richtung, der verticale Durchmesser bleibt aber dabei nach *Kohlrausch* am meisten zurück, wenigstens beim Manne in der aufrechten Stellung. Die Harnmenge, welche die Blase bei verschiedenen Individuen aufzunehmen vermag, ist sehr verschieden; im Mittel rechnet man 12 Unzen. — Während der Harn in der Blase verweilt, erleidet er gewiss noch einige Veränderungen, es wird z. B. ein Theil seines Wassers aufgesaugt und es wird ihm etwas Schleim zugemischt, der auf der Blasenwand abgesondert und mit dem Harne ausgeschieden wird. Manchmal tritt auch bereits hier die saure oder alkalische Gährung ein.

Die Entleerung des Harns erfolgt nach kürzeren oder längeren Pausen, deren Dauer von der mehr oder weniger schnellen Anfüllung der Blase, von der mehr oder weniger reizenden Beschaffenheit des enthaltenen Harns und von der Reizbarkeit der Blase abhängt. Ein eigenthümliches Gefühl von Spannung und Schwere nöthigt uns zur Harnentleerung.

Den Mechanismus der Harnentleerung kann man sich folgendermaassen denken. Der *Sphincter vesicae* hält zuerst das *Orificium urethrae* geschlossen, trotz der Wirkung seines Antagonisten, des *Detrusor urinae*. Eben so bleibt die Harnröhrenmündung ge-

schlossen, wenn gar keine Muskelwirkung stattfindet, wie daraus zu entnehmen ist, dass man in der Regel bei Leichen die Blase gefüllt findet, und dass man die Blase auch bei Leichen künstlich durch die Ureteren anfüllen kann, ohne dass Flüssigkeit heraustritt. Es erklärt sich dies mit Wahrscheinlichkeit daraus, dass der vor und hinter der Harnröhrenmündung liegende Theil durch den Druck des enthaltenen Harns stärker abwärts gedrängt wird, als die Mündung selbst, was zur Verschliessung dieser Oeffnung beitragen muss. Während des Lebens wirkt der *Sphincter vesicae* stets verengend, der *Detrusor* dagegen, namentlich jene Fasern desselben, welche sich zwischen den Fasern des *Sphincter* verlieren, stets erweiternd. So lange der *Sphincter vesicae* das Uebergewicht behält, bleibt die Harnröhrenmündung geschlossen. Bei stärkerer Anfüllung der Blase bekommen aber allmählig die verlängerten und unter einem günstigeren Winkel auf den *Sphincter* wirkenden Fasern des *Detrusor* das Uebergewicht, dessen Wirksamkeit überdies reflectorisch durch den Reiz des Harns erhöht wird; es beginnt daher das *Orificium urethrae* sich zu öffnen und lässt etwas Harn eindringen. Hat die Eröffnung einmal angefangen, dann wirken auch jene Fasern des *Detrusor*, welche mit dem *Sphincter* in keinem Zusammenhange stehen, so wie die Harnsäule selbst austreibend, und es muss jetzt der *Sphincter urethrae* in Wirksamkeit treten, wenn der Austritt des Harns verhindert werden soll. Sobald jener Fall eintritt und Harn in das *Orificium urethrae* gelangt, soll nach *Kohlrausch* das Bedürfniss der Harnentleerung gefühlt werden. Der *Sphincter urethrae* wirkt dabei willkürlich; beim Nachlassen seiner willkürlichen Contraction wird der Harn ausgetrieben, und zwar vorzugsweise durch den *Detrusor urinae*, der einerseits das *Orificium urethrae* öffnet, andererseits auf den Blaseninhalt Druck ausübt. Mitwirkung des Zwerchfells und der Bauchmuskeln wird dabei nicht erfordert, wenngleich die Kraft und die Schnelligkeit des Strahls willkürlich durch sie gesteigert werden können. Ein Rückströmen des Harns durch die Ureteren ist bei dieser Entleerung unmöglich, weil die Harnblasenwände in schiefer Richtung von ihnen durchbohrt werden.

Am Schlusse der Harnentleerung werden die letzten Portionen stossweisse aus der Harnröhre entfernt, und zwar geschieht dies durch den *Bulbo-cavernosus*, welcher die Wurzel der Harnröhre dabei comprimirt.

Der Harn kann willkürlich entleert werden, wenn die Blase

auch nur erst wenig angefüllt ist und der *Detrusor urinae* weder durch die Länge und Richtung seiner Fasern, noch durch die stärkere Reflexionswirkung sich im Vortheile befindet. Dies scheint auf eine willkürliche Wirkung dieses Muskels hinzuweisen. Eine andere Erklärung davon giebt *Kohlrausch* mit den Worten: indem man vermittelst der Bauchmuskeln die Eingeweide von oben gegen den Scheitel der Blase drängt, wird dieselbe abgeplattet, die Fasern des *Detrusor* kommen an ihrer Insertionsstelle am *Sphincter* in eine mehr rechtwinkelige Lage und vermögen dadurch ihre antagonistische Wirkung zu entfalten.

Der Mechanismus der Harnentleerung steht unter dem Einflusse des Rückenmarks. Durch zahlreiche physiologische Versuche und durch pathologische Fälle ist es dargethan, dass Verletzungen am Rückenmarke, zumal im untern Theile desselben, unmittelbar eine Störung der Harnexcretion zur Folge haben, bald Harnverhaltung, bald unwillkürlichen und anhaltenden Harnabfluss. Paralyse des *Sphincter vesicae* und *urethrae* und dadurch *Incontinentia urinae* gehört mit zu den gewöhnlichsten Erscheinungen der Rückenmarkskrankheiten.

Ist die Harnblase mässig gefüllt, so liegt sie mit ihrem obern Theile an der Schaambeinvereinigung und sie erhebt sich noch mehr oder weniger weit über dieselbe. Sie bekommt dabei eine liegende Stellung schief von oben nach unten und hinten. Wird der Harnabfluss durch die eine oder die andere Ursache behindert, dann dehnt sich die Blase sehr aus, so dass sie bis zum Nabel und selbst noch höher hinauf steigen kann. Bei ganz aufgehobener Harnentleerung ist eine Punction der Blase oberhalb der Schaamfuge, in der Dammgegend oder durch den Mastdarm oftmals das einzige Mittel, die drohende Zerreissung der Blase und den Austritt des Harns in die Bauchhöhle zu verhindern.

Die Capacität der Harnblase ist bei jedem Individuum verschieden. Nach *Weber* (*Hildebrandt's* Anatomie. Bd. 4. S. 346) giebt es Menschen, die mehr als 4 Pfund Urin in der Blase zurückhalten können. — Im Verhältniss zum kleinen Becken hat der Embryo eine grössere Blase als der Erwachsene.

Die willkürliche Wirkung des *Sphincter s. Constrictor urethrae* macht es möglich, dass wir dem Andrange des Harns längere Zeit zu widerstehen im Stande sind und dass der Anfang der Harnröhre genau geschlossen bleibt. Doch geschieht es nicht selten, dass ein mässiger hinzukommender Druck der Bauchmuskeln und des Zwerchfells den Widerstand überwindet, worauf dann der Harn unwillkürlich abfliesst. Bei Weibern kommt dies in den letzten Monaten der Schwangerschaft nicht selten vor. Da der ausgedehnte Uterus auf die Blase drückt, so kann sich diese auch nur unvollständig ausdehnen, und dadurch werden die Frauen zu einer häufigen Harnentleerung genöthigt.

Bei der Contraction des *Detrusor urinae* nähern sich die Fasern dieses Muskels einander immer mehr, es verschwinden die nichtmuskulösen Interstitien, der Raum der Blase verkleinert sich von allen Seiten gleichmässig und in keinem Theile derselben kann Harn zurückbleiben. Der *Detrusor urinae* vermag für sich allein den Widerstand des *Sphincter vesicae* zu überwinden. Mehr denn einmal haben wir bei Hunden, deren Bauchhöhle geöffnet war, beobach-

tet, dass, wenn die Pole des Rotationsapparates an die stark gefüllte Blase angelegt wurden, eine rasche und gleichmässige Contraction derselben eintrat, so dass der gesammte Harn im kräftigen Strahle ausgetrieben wurde. Die Contraction der Bauchmuskeln und des Zwerchfells ist aber gleichzeitig mit im Spiele, zumal bei etwas erschwerter Harnentleerung. Ist der Blasenhals durch krampfhafte Contraction des *Sphincter vesicae* stärker geschlossen, dann bedarf der *Detrusor urinae* oftmals einer sehr kräftigen Mitwirkung der Bauchmuskeln, um den Harn durch die enge Oeffnung auszutreiben.

Ueber die Muskeln, welche den Anfang der *Urethra* verschliessen, sind *Wilson* (*Med. chir. Transactions. Vol.* 1. *p.* 175) und besonders *Kohlrausch* (a. a. O.) zu vergleichen. Letzterer hat den Mechanismus der Harnentleerung recht gut aufgehellt.

Corrigenda.

Seite 3 Z. 3 v. o. statt »wesentlichen Erscheinungen« lies Grunderscheinungen.
,, 12 Z. 17 v. o. statt »deutlich« lies ungefähr.
,, 13 Z. 20 v. o. statt »sehr klein« lies verhältnissmässig klein.
,, 25 Z. 16 v. o. statt »trennenden« lies zerfasernden.
,, 27 Z. 8 v. o. ist noch hinzuzufügen: *Schröder van der Kolk* meinte sie gesehen zu haben; ich habe sie aber nicht finden können.
,, 28 Z. 11 v. u. statt »dargestellt« lies dergestalt.
,, 28 Z. 10 v. u. statt »zugleich« lies gleichviel.
,, 33 Z. 21 v. u. statt »obwohl« lies auch wenn.
,, 36 Z. 5 v. o. statt »kleine« lies dünne.
,, 41 Z. 31 v. o. statt Beobachtungen« lies Anschauung.
,, 41 Z. 35 v. o. statt »Beobachtung« lies Bemerkung.
,, 41 Z. 36 v. o. statt »Suction« lies Aspiration.
,, 41 Z. 14 v. u. statt »Contraction« lies Dilatation.
,, 44 Z. 25 v. o. statt »der kurze Ton – zusammentrifft« lies: ohne Veränderung des Timbre die Accentuation über den Kammern auf den ersten Herzton, über den Arterien auf den zweiten Herzton fällt.
,, 48 Z. 12 u. Z. 15 v. o. statt »80 Millim.« lies 89 Millim.
,, 296 Z. 24 v. o. statt »*planchnici*« lies *splanchnici*.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Donders, Franciscus C.,

Physiologie des Menschen

Bd.: 1

1856

Bamberg, Staatsbibliothek -- Physiol.o.21
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11763949-9